LEWIS DARTNELL

CUNOAȘTEREA

CUM POATE FI RECLĂDITĂ CIVILIZAȚIA DUPĂ UN CATACLISM

HUMANITAS

Lewis Dartnell (n. 1980), autor, prezentator, profesor de comunicare a ştiinţei la Universitatea Westminster şi expert în astrobiologie, a ajuns să fie cunoscut de publicul larg odată cu apariţiile sale televizate şi cu diferite contribuţii pe teme ştiinţifice la The Times, The Guardian şi The New York Times. Ultima sa carte, ce constituie un adevărat ghid de supravieţuire în cazul unei catastrofe globale, se adresează oricui este interesat de extraordinara forţă a ştiinţei şi a tehnologiei în contextul generării unei noi civilizaţii postapocaliptice.

Lewis Dartnell

Cunoaşterea

Cum poate fi reclădită civilizaţia după un cataclism

Soţiei mele, Vicky.
Îţi mulţumesc că ai spus da.

„Frânturile acestea le-am ţărmurit pe lângă ruinurile mele.”
T.S. Eliot, *Ţărâmul pustiit*[1]

[1] Traducere de Mircea Ivănescu. (n. tr.).

Introducere

Lumea aşa cum o ştim s-a sfârşit.

O izbucnire deosebit de violentă a gripei aviare a făcut ca virusul să spargă bariera dintre specii şi să reuşească saltul spre gazdele umane. Sau poate a fost răspândit intenţionat, într-un act de bioterorism. În epoca modernă a oraşelor cu densitate mare de locuitori şi a călătoriilor aeriene intercontinentale, epidemia s-a răspândit devastator de repede şi a omorât un procent însemnat din populaţia lumii, înainte să se poată apela la mijloace eficiente de imunizare sau chiar să se instituie carantina.

Sau poate că tensiunile dintre India şi Pakistan au ajuns într-un punct critic şi un conflict de frontieră a escaladat dincolo de limitele raţionale, culminând cu folosirea armelor nucleare. Pulsurile electromagnetice specifice focoaselor nucleare au fost detectate de forţele de apărare chineze, care au atacat preventiv Statele Unite ale Americii. America şi aliaţii ei din Europa şi Israel au răspuns cu represalii. Oraşele mari din toată lumea s-au transformat în ruine radioactive vitrificate. Volumele enorme de praf şi de cenuşă aruncate în atmosferă au limitat cantitatea de lumină solară ajunsă pe pământ, provocând o iarnă nucleară lungă de decenii, prăbuşirea agriculturii şi foamete globală.

Sau poate că evenimentul a depăşit cu desăvârşire posibilităţile de control ale omenirii. Un asteroid cu diametrul de numai un kilometru a lovit Pământul şi a schimbat în mod nefast condiţiile atmosferice. Suflul de enormă presiune şi temperatură al exploziei a spulberat oamenii pe o rază de sute de kilometri faţă de locul principal de impact, iar, din acel moment, aproape tot restul omenirii a început să trăiască sub ameninţarea iminentă a morţii. Nu contează în ce ţară a căzut asteroidul. Piatra şi praful aruncate până sus în atmosferă, precum şi fumul produs de incendiile declanşate de explozie au fost împrăştiate de vânt şi au sufocat toată planeta. La fel ca în cazul iernii nucleare, temperaturile globale au scăzut suficient de mult încât să provoace o prăbuşire globală a culturilor şi o foamete teribilă.

Evenimentele de acest gen reprezintă premisele multor romane şi filme care zugrăvesc lumi postapocaliptice. Urmările imediate sunt de cele mai multe ori descrise ca fiind extrem de violente şi lipsite de speranţă, ca în filmul *Mad Max* sau ca în romanul *Drumul* de Cormac McCarthy. Bande hoinare adună tot ce a mai rămas de mâncare şi îi jefuiesc fără milă pe cei care sunt mai slab organizaţi sau înarmaţi decât ei. Bănuiesc că această versiune ar putea să nu fie departe de adevăr, cel puţin pentru o anumită perioadă de

după şocul iniţial. Dar sunt optimist din fire: cred că moralitatea şi raţiunea vor triumfa până la urmă şi va începe o perioadă de stabilitate şi de reconstrucţie.

Lumea aşa cum o ştim s-a sfârşit. Întrebarea crucială este: ce facem acum?

Din momentul în care supravieţuitorii ajung să se împace cu situaţia lor – prăbuşirea întregii infrastructuri care le susţinea anterior viaţa –, ce pot face ca să se ridice din cenuşă şi să se asigure că vor prospera pe termen lung?

Această carte este un ghid de supravieţuire. Dar aici nu vreau doar să-ţi arăt cum să depăşeşti cu bine primele săptămâni de după apocalips – s-au scris nenumărate manuale referitoare la tehnici de supravieţuire –, ci cum să pui la cale reconstrucţia unei civilizaţii avansate tehnologic. Ai putea să explici cum se fabrică un motor cu ardere internă, un ceas sau un microscop, dacă te trezeşti dintr-odată fără un model funcţional? Sau, la un nivel mai simplu, ai şti cum să cultivi plante cu succes şi cum să croieşti haine? Scenariile apocaliptice pe care le prezint aici sunt, de asemenea, punctul de început al unui experiment mental: un mijloc de a studia bazele ştiinţei şi tehnologiei, care, pe măsură ce cunoaşterea devine tot mai specializată, ne par tot mai inaccesibile.

Oamenii care trăiesc în ţări dezvoltate s-au detaşat de

procesele civilizaţiei care le susţine viaţa. Individual vorbind, suntem uluitor de ignoranţi în legătură cu principiile de bază care permit producerea de hrană, adăpost, îmbrăcăminte, medicamente, materiale sau substanţe vitale. Capacitatea noastră de a supravieţui de unii singuri s-a atrofiat până în punctul în care cea mai mare parte a umanităţii n-ar putea să supravieţuiască dacă sistemul care îi sprijină existenţa s-ar prăbuşi, dacă hrana n-ar mai apărea ca prin minune pe rafturile magazinelor şi dacă hainele n-ar mai fi înşirate pe umeraşe. Desigur, a existat o vreme în care fiecare om se pricepea să supravieţuiască şi avea o legătură mult mai strânsă cu pământul şi cu metodele de producţie. Dacă vrem să supravieţuim într-o lume postapocaliptică, trebuie să dăm ceasul înapoi şi să reînvăţăm aceste abilităţi esenţiale.[2]

În plus, fiecare obiect tehnologic modern pe care îl considerăm de la sine înţeles are nevoie de sprijinul enorm al unei întregi reţele de alte tehnologii. Să faci un iphone înseamnă mult mai mult decât să cunoşti proiectul şi materialele fiecăreia dintre componentele

---

[2] Un scenariu similar s-a petrecut la scară mică în istoria recentă: după căderea Uniunii Sovietice, în 1991, mica Republică Moldova a suferit o prăbuşire paralizantă a economiei, care a silit populaţia să se descurce numai prin mijloace proprii şi să folosească din nou tehnologii de muzeu, precum roata de tors, războiul manual de ţesut şi putineiul de bătut untul.

lui. Acest aparat tronează, ca o cheie de boltă, în vârful unei piramide uriaşe de tehnologii care îi fac posibilă existenţa: extragerea minieră şi rafinarea elementului rar numit iridium, utilizat la fabricarea ecranului tactil; folosirea fotolitografiei de înaltă precizie pentru fabricarea sistemului de circuite microscopice care alcătuiesc cipul electronic; componentele incredibil de miniaturizate din microfon; ca să nu mai pomenesc de reţeaua de antene releu şi de infrastructura necesară pentru a face posibile telecomunicaţiile şi folosirea telefonului. Mecanismele interne ale unui telefon modern şi traseele circuitelor microcipurilor – invizibile pentru ochiul omenesc – i se vor părea absolut de neînţeles primei generaţii născute după Cădere, iar scopul lor, complet misterios. Scriitorul SF Arthur C. Clarke a afirmat în 1961 că orice tehnologie suficient de avansată este imposibil de deosebit de magie. După distrugerea lumii, problema va fi că această tehnologie a aparţinut nu unor fiinţe extraterestre venite dintr-un sistem solar îndepărtat, ci unei generaţii din propriul nostru trecut.

Până şi produsele cotidiene rudimentare ale civilizaţiei noastre au nevoie de o diversitate de materii prime, care trebuie extrase, adunate şi procesate apoi în uzine specializate, componentele specifice obţinute trebuind astfel să fie asamblate în fabrici. Toate aceste

procese se bazează la rândul lor pe centrale producătoare de electricitate şi pe transportul la distanţe mari. O astfel de realitate a fost foarte elocvent expusă într-un eseu scris în 1958 de Leonard Read din perspectiva unuia dintre cele mai simple instrumente pe care le folosim: „Eu, creionul”. Concluzia şocantă este că, având în vedere dispersarea atât de mare a surselor de materii prime şi a mijloacelor de producţie, nu există nici măcar un om pe faţa pământului care să aibă priceperea şi resursele necesare să producă chiar şi acest obiect foarte simplu.

O demonstraţie convingătoare a prăpastiei dintre abilităţile noastre individuale şi capacitatea de a produce până şi cele mai simple dispozitive folosite în viaţa cotidiană a fost oferită în 2008 de Thomas Thwaites, care a încercat să construiască de la zero un prăjitor de pâine, în timpul studiilor de masterat la Colegiul Regal de Artă. Thwaites a desfăcut un prăjitor de pâine în componentele de bază – cadru de metal, foi de mică izolatoare, filamente de nichel, care se încing până la incandescenţă, sârmă de cupru şi ştecher, carcasă de plastic –, apoi a încercat să obţină singur materiile prime pentru fiecare, săpând după ele în cariere şi mine. A căutat, de asemenea, tehnici metalurgice vechi şi simple: bazându-se pe un text din secolul al XVI-lea, a construit un cuptor rudimentar de

topire a metalului, pentru care a folosit un coş de gunoi metalic, cărbuni pentru grătar şi un suflător de frunze pe post de foaie. Produsul finit este destul de primitiv, dar şi grotesc de frumos, evidenţiind esenţa problemei cu care ne confruntăm.

Desigur, chiar şi în cele mai extreme scenarii apocaliptice, grupurile de supravieţuitori nu vor fi nevoite să devină imediat complet autonome. Dacă marea majoritate a populaţiei ar muri din pricina acţiunii unui virus agresiv, ar lăsa în urma ei resurse enorme. Supermarketurile ar rămâne pline cu mâncare din belşug, ba chiar ai putea să-ţi strângi o garderobă completă din marile magazine pustii, sau ai putea pleca din showroom cu maşina sport la care ai visat mereu. După ce găseşti o vilă abandonată, nu îţi va fi greu să recuperezi un generator mobil pe motorină cu care să menţii active iluminatul, încălzirea şi unele aparate casnice. Sub staţiile de benzină, vor rămâne adevărate lacuri subterane de combustibil, suficiente să-ţi păstreze funcţionale noua casă şi noua maşină pentru o perioadă semnificativi De fapt, grupurile mici de supravieţuitori ar putea trăi, probabil, destul de confortabil în perioada imediat următoare apocalipsului. O vreme, civilizaţia va funcţiona de la sine. Supravieţuitorii se vor trezi înconjuraţi de o bogăţie de resurse gata să fie folosite: un adevărat

paradis îmbelşugat.

Numai că paradisul putrezeşte.

Hrana, hainele, medicamentele, maşinăriile şi alte tehnologii vor ajunge în mod implacabil să se descompună, să se şubrezească, să se deterioreze şi să se degradeze cu trecerea timpului. Odată cu prăbuşirea civilizaţiei şi întreruperea bruscă a proceselor esenţiale – extragerea de materii prime, rafinarea şi transformarea lor industriali transportul şi distribuţia –, clepsidra se va întoarce şi nisipul se va scurge inexorabil. Ceea ce a rămas după apocalips nu oferă decât un răgaz menit să uşureze tranziţia până în momentul în care trebuie să reîncepem cultivarea pământului şi fabricarea unor noi obiecte.

Un manual de repornire

Cea mai mare problemă cu care se confruntă supravieţuitorii provine din faptul că toată cunoaşterea umană este colectivă, adică este distribuită în rândul întregii populaţii. Niciun individ nu cunoaşte suficiente lucruri cât să menţină active procesele esenţiale ale societăţii. Chiar dacă ar supravieţui un tehnician priceput de la o uzină metalurgică, el nu va cunoaşte decât detaliile activităţii lui, nu şi informaţiile tehnice – tot atât de vitale – deţinute de alţi muncitori,

ca să nu mai vorbim de extragerea minereului de fier sau de producerea de energie electrică necesară funcţionării uzinei. Tehnologia vizibilă pe care o folosim zilnic este doar vârful unui aisberg enorm, nu numai pentru că se bazează pe o imensă reţea de producţie şi organizare, dar şi pentru că reprezintă moştenirea unei lungi istorii de progrese şi dezvoltări. Aisbergul se întinde nevăzut atât în spaţiu, cât şi în timp.

Spre ce se vor îndrepta, prin urmare, supravieţuitorii? O mare cantitate de informaţie va rămâne cu siguranţă în cărţile care adună praf în bibliotecile, librăriile şi casele acum pustii. Însă toată această cunoaştere nu este expusă într-un mod potrivit pentru o societate aflată la început de drum sau pentru un individ fără pregătire specializată. Ce crezi că vei înţelege dacă ai lua de pe raft un manual de medicină şi ai răsfoi paginile pline de termeni specializaţi şi nume de medicamente? Astfel de manuale universitare presupun un volum uriaş de cunoştinţe preexistente şi sunt concepute să fie explicate de profesori şi folosite împreună cu demonstraţii practice realizate de experţi. Chiar dacă în prima generaţie de supravieţuitori ar exista şi doctori, activitatea lor va fi extrem de limitată de lipsa accesului la rezultatele unor teste şi analize şi la abundenţa de medicamente moderne pe care au fost

învăţaţi să le folosească – medicamente care se vor degrada pe rafturile farmaciilor sau în frigiderele spitalelor defuncte.

Cea mai mare parte a acestei literaturi academice oricum se va pierde, poate în incendiile rămase nestinse din oraşele pustiite. Şi mai rău este că o parte considerabilă din noile cunoştinţe generate în fiecare an, inclusiv cele produse în propriile cercetări de mine şi de alţi oameni de ştiinţă, nici măcar nu sunt înregistrate pe suporturi durabile. Ştiinţa de ultimă oră se găseşte mai ales sub formă de biţi efemeri de informaţie: lucrări academice păstrate pe serverele digitale ale unor publicaţii de specialitate.

Nici cărţile adresate unui public general nu vor fi mai utile. Îţi poţi imagina un grup de supravieţuitori care au acces doar la cărţile ce se găsesc de obicei într-o librărie obişnuită? Cât de departe ar ajunge o civilizaţie dacă ar încerca să se reconstruiască pe baza înţelepciunii cuprinse în paginile unor ghiduri despre cum să reuşeşti în managementul afacerilor, cum să slăbeşti şi cum să interpretezi limbajul corporal al sexului opus? Cel mai absurd coşmar ar fi o societate postapocaliptică care, descoperind câteva cărţi îngălbenite, le-ar considera exponente ale înţelepciunii străbunilor şi ar încerca să stăvilească molimele prin homeopatie şi să facă agricultură folosind astrologia.

Chiar şi cărţile ştiinţifice dintr-o librărie n-ar fi de mare ajutor. Cele mai noi volume de popularizare a ştiinţei sunt scrise atrăgător, exprimă observaţii cotidiene prin metafore inteligente şi lasă cititorul cu o înţelegere mai profundă asupra unor cercetări recente, dar probabil că nu oferă prea multă cunoaştere practică. Pe scurt, majoritatea înţelepciunii noastre colective nu va fi accesibilă supravieţuitorilor unui cataclism – cel puţin nu într-o formă utilizabilă. Atunci, ce i poate ajuta mai bine pe supravieţuitori? Ce informaţii indispensabile ar trebui să furnizeze un ghid şi cum ar trebui să fie ele structurate?

Nu sunt primul care se confruntă cu această întrebare. James Lovelock este un formidabil om de ştiinţă când vine vorba de analiza esenţei anumitor fenomene cu mult înaintea colegilor săi. Este faimos mai ales pentru ipoteza Gaia, potrivit căreia întreaga planetă – un ansamblu complex de scoarţă minerală, oceane şi atmosferă dinamică, împreună cu o peliculă subţire de viaţă care s-a stabilit la suprafaţă – poate fi înţeleasă ca o entitate individuală care a acţionează de miliarde de ani în vederea atenuării dezechilibrelor şi reglării propriului mediu înconjurător. Pe Lovelock îl îngrijorează profund faptul că un element din acest sistem, *Homo sapiens,* are în prezent capacitatea să deregleze echilibrul natural, cu un efect potenţial

devastator.

Pentru a explica în ce fel ne-am putea proteja moştenirea, Lovelock foloseşte o analogie din biologie: „Organismele care se confruntă cu desicarea tind să-şi încapsuleze genele în spori, astfel încât informaţia necesară refacerii lor să poată traversa seceta". Echivalentul avut în vedere de Lovelock pentru omenire este o carte de utilitate universală, „un abecedar al ştiinţei, scris clar şi fără ambiguităţi – un punct de plecare pentru oricine este interesat de starea Pământului şi de cum să poată supravieţui şi trăi bine". Ce propune Lovelock este de fapt o întreprindere uriaşă: adunarea tuturor cunoştinţelor umane într-un manual enorm – un document a cărui lectură integrală ne-ar putea oferi, cel puţin în principiu, informaţii despre fundamentele lucrurilor pe care le ştim acum.

De fapt, ideea unei „cărţi complete" are o istorie mult mai lungă. În trecut, cei care compilau enciclopedii îşi dădeau seama într-un mod mult mai acut decât noi cât de fragile au fost până şi cele mai măreţe civilizaţii şi cât de valoroase şi de importante erau cunoştinţele ştiinţifice şi abilităţile practice aflate în mintea populaţiei, cunoştinţe şi abilităţi care dispăreau atunci când societăţile se prăbuşeau. Denis Diderot îşi considera *Enciclopedia,* al cărei prim volum a fost publicat în 1751, un depozitar sigur al cunoaşterii

umane, pe care s-o păstreze pentru posteritate în caz că un cataclism ar putea pune capăt civilizaţiei noastre, aşa cum s-a întâmplat cu civilizaţiile egipteană, greacă şi romană, care au lăsat în urmă doar fragmente disparate ale scrierilor lor. În felul acesta, enciclopedia devine o capsulă a timpului plină cu informaţiile acumulate până atunci, protejate împotriva eroziunii timpului în caz de catastrofă globală.

Din perioada Iluminismului şi până acum, cunoaşterea pe care am acumulat-o despre lume a crescut exponenţial, iar încercarea de a strânge într-o singură lucrare toată informaţia generată de om ar fi astăzi infinit mai grea. Alcătuirea unei astfel de „cărţi complete" ar reprezenta echivalentul modern al construirii piramidelor, solicitând un efort continuu a zeci de mii de persoane pe parcursul mai multor ani. Scopul unei astfel de munci anevoioase n-ar fi să asigure trecerea unui faraon către fericirea veşnică de pe lumea cealaltă, ci însăşi nemurirea civilizaţiei noastre.

Dacă există voinţă, o astfel de întreprindere extrem de solicitantă nu ar fi de neconceput. Generaţia părinţilor mei s-a străduit din răsputeri să ducă primul om pe Lună: la apogeul său, proiectul Apollo a avut 400.000 de angajaţi şi a consumat 4% din bugetul federal american. Dar poate crezi că rezumatul perfect

al cunoaşterii umane acumulate până în prezent a fost creat deja de fenomenalul efort combinat al voluntarilor entuziaşti din spatele Wikipedia. Clay Shirky, expert în sociologia şi economia internetului, a estimat că Wikipedia înseamnă în prezent circa o sută de milioane de ore de muncă şi efort dedicat scrisului şi editării. Însă, chiar dacă aţi putea tipări toate articolele Wikipedia, înlocuind linkurile cu numărul paginilor la care se face trimitere, tot nu s-ar apropia de un manual capabil să-i permită unei comunităţi să reconstruiască civilizaţia de la zero. Wikipedia n-a fost concepută cu această intenţie şi îi lipsesc detaliile practice sau organizarea necesară să poată face trecerea treptată de la rudimentele ştiinţei şi tehnologiei până la aplicaţii mult mai avansate. Pe deasupra, o Wikipedia tipărită ar fi o carte nemaipomenit de mare: cum te-ai putea asigura că va fi disponibilă după apocalips? De fapt, eu consider că societatea ar fi ajutată mult mai bine să se refacă printr-o abordare puţin mai elegantă.

Soluţia poate fi găsită într-o remarcă a fizicianului Richard Feynman. Plecând de la ipoteza unei posibile distrugeri a întregii cunoaşteri ştiinţifice şi reflectând la ce am putea face într-o astfel de situaţie, Feynman a căutat un singur enunţ care să fie transmis în siguranţă oricărei făpturi inteligente ivite după cataclism. Care ar fi propoziţia ce poate conţine cât mai multă informaţie

în cât mai puţine cuvinte? „Cred că aceasta este ipoteza atomistă”, a spus Feynman, „conform căreia toate lucrurile sunt alcătuite din atomi – mici particule care se mişcă continuu, atrăgându-se una pe alta când sunt la mică distanţă, respingându-se când sunt înghesuite una într-alta”[3].

Cu cât ne gândim mai mult la implicaţiile şi ipotezele verificabile desprinse din această afirmaţie simplă, cu atât avem mai multe revelaţii asupra naturii lumii. Atracţia particulelor explică tensiunea superficială a apei, iar respingerea reciprocă a atomilor aflaţi în strânsă proximitate explică de ce nu cad de pe scaunul pe care stau. Diversitatea atomilor şi a compuşilor produşi prin combinarea lor este principiul fundamental al chimiei. Această singură frază, alcătuită cu grijă, înmagazinează o densitate uriaşă de informaţie, care se clarifică şi se extinde pe măsură ce o cercetăm.

Dar dacă numărul de cuvinte n-ar fi atât de restrictiv? Dacă ne permitem luxul să ne întindem mai mult, păstrând însă principiul călăuzitor al furnizării unor informaţii fundamentale şi condensate, care să grăbească redescoperirea, în loc să scriem o

---

[3] Richard P. Feynman, *Şase lecţii uşoare,* trad. de Mihai Gavrilă şi Oliviu Gherman, Humanitas, Bucureşti, 2010, p. 36. (N. red.).

enciclopedie completă a cunoaşterii moderne? N-ar fi posibil atunci să alcătuim un ghid rapid din care supravieţuitorii să afle cum să repornească societatea tehnologică?

Cred că fraza lui Feynman poate fi îmbunătăţită într-un mod radical. Deţinerea cunoaşterii *pure,* fără metode de a o exploata, nu este de ajuns. Ca să ajuţi o societate nou-născută să repornească, trebuie să-i sugerezi şi cum *să folosească* respectiva cunoaştere, să-i arăţi aplicaţiile ei practice. Pentru supravieţuitorii unui apocalips recent, aplicaţiile practice imediate sunt vitale. Înţelegerea teoriei fundamentale a metalurgiei este un lucru, dar folosirea principiilor ei pentru a aduna şi a reprocesa metalele din oraşele moarte, de exemplu, este cu totul altceva. Exploatarea cunoaşterii şi a principiilor ştiinţifice reprezintă esenţa tehnologiei, şi, aşa cum vom vedea în această carte, cercetarea ştiinţifică şi dezvoltarea tehnologică sunt inexorabil întreţesute.

Inspirat de Feynman, voi susţine că modul cel mai bun de a-i ajuta pe supravieţuitori nu este crearea unei baze de date exhaustive a cunoaşterii, ci furnizarea unui ghid de cunoştinţe fundamentale adaptat circumstanţelor în care s-ar putea afla acei oameni, împreună cu un plan de tehnici de care ar avea nevoie pentru a redescoperi singuri înţelegerea lucrurilor

cruciale – adică puternica maşinărie a generării de cunoaştere care este metoda ştiinţifici Vom putea conserva civilizaţia mai degrabă prin furnizarea unei seminţe compacte din care să crească şi să se dezvolte un întreg copac al cunoaşterii decât prin încercarea de a descrie fiecare ramură a acestui copac colosal, adică prin sprijinirea nunelor cu ajutorul unor simple fragmente, ca să-l parafrazez pe T.S. Eliot.

Valoarea unei astfel de cărţi este potenţial imensă. Imaginaţi-vă cum ar fi decurs propria noastră istorie dacă civilizaţiile clasice ne-ar fi lăsat seminţele cunoaşterii acumulate de ele. Un catalizator major al Renaşterii a fost, în secolele al XV-lea şi al XVI-lea, recuperarea de către Europa Occidentală a unor fărâme din învăţătura Antichităţii. Cele mai multe dintre aceste scrieri, pierdute odată cu căderea Imperiului Roman, au fost păstrate şi răspândite de învăţaţi arabi, care le-au tradus şi copiat, putând fi astfel redescoperite de savanţii europeni. Ce s-ar fi întâmplat dacă toate aceste tratate de filosofie, geometrie şi cunoaştere practică ar fi fost păstrate într-o reţea de capsule ale timpului? Şi, în aceeaşi ordine de idei, dacă am avea textul potrivit la îndemână, am putea evita un

ev întunecat postapocaliptic?[4]

Accelerarea dezvoltării

Supravieţuitorii unui apocalips nu trebuie să reia acelaşi drum spre complexitatea ştiinţifică şi tehnologică de astăzi Traseul istoric pe care l-am străbătut noi a fost lung şi întortocheat; am înaintat cu poticneli, într-o manieră deseori supusă întâmplării, urmărind multă vreme piste false şi scăpând din vedere procese fundamentale. Dar, ţinând cont de ceea ce ştim acum, am putea oare indica o cale directă spre progresul cu adevărat important, luând-o pe scurtături, ca un navigator încercat? Cum să desenăm un traseu optim prin vasta reţea interconectată de principii ştiinţifice şi tehnologii cruciale, pentru a accelera pe cât posibil reinstalarea unei civilizaţii avansate?

Descoperirile importante reprezintă deseori întâmplări norocoase, peste care am dat fără ştire. Descoperirea proprietăţilor mucegaiului *Penicillium* de

---

[4] Dacă faci abstracţie de materialul rămas în urma prăbuşirii societăţii noastre, acest experiment mental menit să-i ajute pe supravieţuitori poate deveni un manual în baza căruia să refaci de la zero o civilizaţie tehnologică şi în cazul în care călătoreşti întâmplător cu zece mii de ani în urmă până în Paleolitic, sau te prăbuşeşti cu nava spaţială pe o planetă pustie, dar incredibil de asemănătoare cu Pământul. Ea reprezintă fantezia extremă a naufragiului lui Robinson Crusoe, care n-o mai ia de la capăt pe o insuliţă, ci într-o lume goală.

către Alexander Fleming, în 1928, a fost un eveniment întâmplător. Tot aşa, observaţiile care au dus la descoperirea raportului dintre electricitate şi magnetism – mişcarea unor ace de busolă lângă un fir prin care trecea curent electric – şi descoperirea razelor X au fost întâmplătoare. Multe dintre aceste descoperiri ar fi putut avea loc mai devreme, unele chiar mult mai devreme. După descoperirea unui nou fenomen natural, avansarea cunoaşterii are loc printr-o cercetare metodică şi sistematică menită să-i înţeleagă modul de funcţionare şi să i cuantifice efectele. Astfel, o civilizaţie convalescentă poate ajunge la descoperirea respectivă prin câteva indicii bine alese despre ce anume să caute şi cum să-şi stabilească prioritatea căutărilor.

De asemenea, privite retrospectiv, multe invenţii par evidente, numai că uneori înţelegerea unui fenomen sau apariţia unei invenţii importante nu pare să fi urmat vreunei descoperiri ştiinţifice sau apariţiei unei tehnologii cruciale. Aceste cazuri sunt încurajatoare din perspectiva unei renaşteri a civilizaţiei, deoarece înseamnă că un ghid rapid trebuie doar să descrie succint câteva caracteristici de bază, pentru ca supravieţuitorii să înţeleagă exact cum să recreeze ulterior anumite tehnologii indispensabile. Roaba, de exemplu, putea fi inventată cu multe secole mai devreme – numai să se fi gândit cineva la ea. Poate

părea un exemplu banal, o combinaţie între principiul roţii şi cel al pârghiei, dar reprezintă o unealtă care economiseşte multă muncă şi nu a apărut în Europa decât la milenii după apariţia roţii (prima reprezentare grafică a unei roabe apare într-un manuscris englez din jurul anului 1250).

Alte inovaţii au repercusiuni atât de ample, încât vei dori să ajungi direct la ele ca să sprijini numeroase alte elemente ale recuperării postapocaliptice. O astfel de tehnologie de căpătâi este presa de tipărit mobilă, care a accelerat dezvoltarea şi a avut ramificaţii sociale incomparabile în istoria noastră. După cum vom vedea mai târziu, cu puţină îndrumare, producţia în masă a cărţilor ar putea reapărea destul de repede în reconstruirea unei noi civilizaţii.

În dezvoltarea de noi tehnologii, unii paşi pot fi omişi cu desăvârşire. Ghidul rapid îi poate arăta unei societăţi în curs de recuperare cum să sară peste etapele intermediare pe care noi le-am străbătut în istorie pentru a ajunge la sisteme mai avansate şi accesibile. Există numeroase astfel de exemple contemporane de salturi tehnologice în ţări aflate în curs de dezvoltare din Africa şi din Asia. De exemplu, multe comunităţi izolate neconectate la reţele de electricitate primesc de la început infrastructură bazată pe energie solară, sărind peste secole de progres occidental dependent de

combustibilii fosili. Săteni care locuiesc în colibe de pământ din multe zone rurale ale Africii trec direct la comunicaţii bazate pe telefonie mobilă, ocolind tehnologii intermediare de tipul telegrafului optic şi electric sau de tipul liniilor telefonice fixe.

Probabil cel mai impresionant salt tehnologic din istorie l-a făcut Japonia în secolul al XIX-lea. În timpul şogunatului Tokugawa, Japonia s-a izolat de restul lumii vreme de două secole, interzicând ieşirea din ţară a propriilor cetăţeni, precum şi intrarea străinilor, şi permiţând doar schimburi comerciale minime cu câteva state alese cu grijă. Contactul cu lumea a fost restabilit abia în anul 1853, când flota militară americană a intrat în golful Edo (Tokyo) cu nave de război acţionate de motoare cu abur şi foarte bine înarmate, cu mult superioare oricărei tehnologii avute de civilizaţia japoneză, aflată în stagnare. Şocul conştientizării acestei diferenţe tehnologice a declanşat Restauraţia Meiji. Societatea japoneză, aflată până atunci la un nivel tehnologic medieval, a fost transformată printr-o serie de reforme politice, economice şi legale, permiţându-le experţilor străini în ştiinţă, inginerie şi educaţie să înveţe Japonia cum să introducă telegraful, să construiască o reţea de drumuri, ţesătorii şi fabrici. Prin urmare, Japonia s-a industrializat în decursul a doar câteva decenii, iar la

momentul celui de-al Doilea Război Mondial a fost în stare să surclaseze Marina Militară a Statelor Unite, cea care forţase iniţial procesul modernizării.

Ar putea oare o societate postapocaliptică să urmeze o traiectorie a dezvoltării tot atât de rapidă pe baza unui fond de cunoştinţe potrivite?

Din păcate, există anumite limite până la care poţi împinge o civilizaţie să sară peste stadiile intermediare. Chiar dacă oamenii de ştiinţă postapocaliptici înţeleg pe deplin fundamentele unei anumite aplicaţii şi gândesc proiecte în principiu funcţionale, s-ar putea totuşi să nu poată construi un prototip care să funcţioneze cu adevărat. Eu numesc asta „efectul Da Vinci". Marele inventator renascentist a produs nenumărate proiecte tehnologice, precum aparate de zbor fantastice, dar puţine dintre ele au fost realizate vreodată. În mare, problema s-a datorat faptului că Da Vinci era mult prea avansat pentru vremea lui. Înţelegerea ştiinţifică corectă şi proiectele ingenioase nu sunt suficiente: este nevoie totodată de un nivel comparabil de complexitate a materialelor de construcţie şi de surse accesibile de energie.

Aşadar, secretul unui ghid rapid de repornire a civilizaţiei este acela de a furniza tehnologia potrivită pentru o lume postapocaliptică în acelaşi mod în care ONG-urile de astăzi furnizează tehnologiile

intermediare potrivite comunităţilor aflate în ţări în curs de dezvoltare. Acestea sunt soluţii care le îmbunătăţesc semnificativ situaţia – fiind un progres faţă de tehnologia rudimentară existentă –, dar care pot fi în continuare reparate şi întreţinute cu forţă de muncă locală şi cu ajutorul cunoştinţelor practice, uneltelor şi materialelor aflate la dispoziţie. Scopul unei reporniri accelerate a civilizaţiei este saltul direct la un nivel care să scutească secole de dezvoltare progresivă, dar care să poată fi atins totuşi folosind materiale şi tehnici rudimentare – adică tehnologia intermediară optimă.

Tocmai aceste trăsături ale propriei noastre istorii – descoperirile întâmplătoare, invenţiile care nu au nevoie de niciun fel de cunoaştere prealabilă, tehnologiile deschizătoare de drumuri, care stimulează progresul în numeroase domenii, şi posibilitatea de a sări peste stadiile intermediare – ne fac să fim optimişti cu privire la eficienţa unui manual menit să-i călăuzească pe supravieţuitori spre cercetările cele mai fertile şi spre principiile cruciale din spatele tehnologiilor vitale: un ghid care să ofere drumul optim prin labirintul ştiinţei şi al tehnologiei şi să accelereze puternic reconstrucţia. Imaginaţi-vă ce vă poate aduce ştiinţa dacă nu mai dibuiţi prin întuneric: strămoşii voştri v-au echipat cu o lanternă şi cu o hartă

aproximativă a mediului înconjurător.

Dacă o civilizaţie postapocaliptică incipientă nu va fi constrânsă să urmeze drumul nostru spre progres, va cunoaşte o dezvoltare tehnologică formată din etape ce se deosebesc de ale noastre. De fapt, reproducerea propriei noastre traiectorii s-ar putea dovedi foarte dificili Revoluţia industrială s-a bazat într-o mare măsură pe combustibilul fosil. Or multe dintre aceste resurse de energie fosilă uşor accesibile – rezerve de cărbune, petrol şi gaz natural au fost exploatate până la epuizare. Fără acces la astfel de surse de energie aflate la îndemână, cum ar putea o civilizaţie care vine după noi să atingă etapa unei noi revoluţii industriale? Soluţia, aşa cum vom vedea, va consta în adoptarea timpurie a surselor de energie regenerabilă şi în reciclarea atentă a materialelor disponibile – dezvoltarea sustenabilă va fi probabil în evitabilă şi absolut indispensabilă pentru următoarea civilizaţie. Vom avea o revoluţie „verde".

În acest proces, vor apărea de-a lungul timpului combinaţii neobişnuite de tehnologii. Vom analiza unele momente în care este posibil ca societatea renăscută să se dezvolte pe o traiectorie diferită – pe un drum neumblat –, utilizând, de pildă, soluţii tehnologice pe care noi le-am marginalizat. Pentru noi, Civilizaţia 2.0 s-ar putea să pară un amestec eterogen

de tehnologii din epoci diferite, amintindu-ne poate de romanele din genul SF numit *steampunk,* a căror acţiune se petrece într-o lume alternativă, în care societatea a urmat o cale de dezvoltare diferită, caracterizată cel mai adesea de un amestec de tehnologii victoriene cu aplicaţii venite din alte epoci. O repornire postapocaliptică cu ritmuri foarte diferite de progres în diferite domenii ale ştiinţei şi tehnologiei ar putea să conducă spre un astfel de ghiveci anacronic.

Un manual de repornire a civilizaţiei va acţiona eficient la două niveluri în primul rând, ai nevoie de o anumită cantitate de cunoaştere practică, astfel încât să recapeţi cât mai curând un nivel de cunoştinţe fundamentale şi un mod de viaţă confortabil, oprind astfel degenerarea ulterioară. Dar este nevoie să favorizeze totodată reluarea cercetării ştiinţifice, punând la dispoziţie cele mai valoroase cunoştinţe care vor permite explorarea lumii înconjurătoare.[5]

---

[5] Dacă printre cele mai vizibile trăsături ale unei societăţi se numără marile ei momente, arta, muzica sau alte produse culturale, elementele de bază care susţin civilizaţia sunt productivitatea agricolă, epurarea apelor reziduale şi tehnicile de sinteză chimică. Această carte se va concentra asupra aspectelor esenţiale ale ştiinţei şi tehnologiei, întrucât ele sunt universale: o anumită lege a fizicii este valabilă indiferent unde (sau când) te-ai afla, iar o societate va avea chiar şi peste o mie de ani aceleaşi nevoi de bază, care pot fi satisfăcute de tehnologie: alimente, îmbrăcăminte, energie, transport şi aşa mai departe. Arta, literatura şi muzica sunt o parte importantă a moştenirii culturale, dar lipsa lor nu va opri

Vom porni de la lucrurile de bază şi vom vedea cum îţi poţi procura elementele fundamentale ale unei vieţi tihnite: mâncare suficientă şi apă curată, îmbrăcăminte şi materiale de construcţii, energie şi medicamente strict necesare. Supravieţuitorii vor avea câteva preocupări urgente: plantele cultivabile vor trebui adunate din ferme şi seminţele vor trebui depozitate înainte să moară şi să se piardă; motorina poate fi înlocuită cu biocombustibil obţinut din culturile de plante specifice; utilajele pot continua astfel să funcţioneze până când le cedează mecanismele, iar părţi din ele pot fi recuperate pentru punerea pe picioare a unei reţele electrice locale. Vom analiza cum se pot refolosi la maximum părţile componente şi cum se pot aduna materiale folositoare din molozul civilizaţiei moarte: lumea postapocaliptică va pretinde ingeniozitate în adaptarea obiectelor unor alte scopuri, în repararea lor şi în improvizarea unor dispozitive.

După ce ne lămurim cu lucrurile elementare, îţi voi explica în ce fel se poate reface agricultura, cum se pot păstra în stare bună rezervele de alimente şi cum se pot transforma în îmbrăcăminte fibrele de origine vegetală şi animală. Materiale precum hârtia, ceramica,

---

revenirea la civilizaţie, iar supravieţuitorii postapocaliptici îşi vor dezvolta propriile expresii artistice, care au relevanţă pentru ei.

cărămida, sticla şi fierul forjat sunt astăzi lucruri atât de comune, încât sunt considerate prozaice şi plicticoase – dar cum se pot produce când ai nevoie de ele? Copacii furnizează o cantitate enormă de lucruri utile: de la cherestea ca material de construcţie până la mangalul folosit la purificarea apei şi pentru ardere la temperaturi ridicate. Lemnul poate fi folosit la producerea mai multor compuşi esenţiali – până şi cenuşa lui conţine o substanţă (numită potasă) necesară la producerea unor lucruri esenţiale, precum săpunul şi sticla, fiind totodată folosită pentru a obţine praful de puşcă. Având cunoştinţele de bază, vei putea extrage din mediul înconjurător un mare număr de alte substanţe indispensabile – sodă, var, amoniac, acizi şi alcool –, reiniţiind astfel o industrie chimică postapocaliptică. Iar, pe măsură ce îţi recapeţi priceperea, ghidul rapid te va ajuta să produci explozibilii necesari pentru minerit şi demolarea scheletelor clădirilor vechi, precum şi pentru fabricarea îngrăşămintelor artificiale şi a compuşilor de argint sensibili la lumină folosiţi în fotografie.

În capitolele următoare vom vedea cum să reînvăţăm medicina, cum să exploatăm energia mecanică, cum să stăpânim producerea şi stocarea de electricitate şi cum să asamblăm un aparat de radio simplu. Şi, din moment ce conţine informaţii despre fabricarea hârtiei,

a cernelii şi a presei de tipărit, această carte oferă instrucţiunile necesare propriei ei reproduceri.

Cât de mult poate stimula o carte felul în care înţelegem lumea? Evident, nu mă voi apuca să pretind că acest volum documentează de unul singur întreaga cunoaştere omenească în materie de ştiinţă şi tehnologie. Dar cred că furnizează destule cunoştinţe fundamentale încât să ajute supravieţuitorii în decursul primilor ani şi oferă direcţii pentru urmarea celui mai bun traseu prin labirintul ştiinţei şi tehnologiei, în scopul unei accelerări semnificative a refacerii civilizaţiei. Urmând principiul furnizării unor seminţe compacte de cunoaştere, care germinează când sunt cultivate, un singur volum poate cuprinde un tezaur vast de informaţie. Când vei termina de citit acest manual, vei fi înţeles cum să reconstruieşti infrastructura necesară unui mod de viaţă civilizat. Şi vei avea, sper, o mai bună înţelegere a fundamentelor ştiinţei, care nu este o colecţie de fapte şi de cifre, ci metoda pe care trebuie s-o aplicăm pentru a înţelege cu certitudine cum funcţionează lumea înconjurătoare.

Scopul unui astfel de ghid este acela de a asigura perpetuarea flăcării curiozităţii, a cercetării şi a explorării. Nutresc speranţa că firul civilizaţiei nu se va rupe nici măcar în mijlocul unui cataclism de proporţii şocante, iar comunitatea supravieţuitorilor nu va

regresa prea mult şi nici nu va stagna; că esenţa societăţii noastre poate fi conservată şi că seminţele cruciale ale cunoaşterii sădite în lumea postapocaliptică vor încolţi din nou.

Paginile care urmează reprezintă planul de clădire a unei noi societăţi, dar şi o introducere în fundamentele civilizaţiei noastre.

Sfârşitul lumii aşa cum o ştim

„Cel mai glorios moment al unei întreprinderi de acest gen ar putea surveni în clipele imediat următoare unei catastrofe suficient de mari încât să întrerupă progresul ştiinţei, să înăbuşe activitatea meşteşugarilor şi să arunce din nou în întuneric o parte din emisfera noastră."

Denis Diderot, *Encyclopédie*

O scenă întâlnită în aproape orice film apocaliptic este cea a unei autostrăzi complet blocate de vehicule încărcate până la refuz care încearcă să fugă din oraş. În trafic izbucnesc conflicte extreme, iar şoferii devin tot mai disperaţi, înainte să-şi abandoneze şi ei maşinile printre cele împrăştiate deja şi să se alăture mulţimii de oameni care înaintează pe jos. Chiar şi fără un pericol imediat, orice eveniment care întrerupe reţelele de

distribuţie sau reţeaua electrică va ajunge să înfometeze oraşele consumatoare de resurse şi va sili locuitorii acestora la un exod al foamei: migraţii în masă ale refugiaţilor citadini, care vor da năvală în împrejurimile rurale în căutare de hrană.

Ruperea contractului social

Nu vreau să mă împotmolesc în dezbaterea filosofică despre posibila răutate intrinsecă a omului sau despre necesitatea instituirii unei autorităţi de control ca să impună un set de legi şi să menţină ordinea prin ameninţarea cu pedeapsa. Însă este limpede că, odată cu dispariţia unei guvernări centralizate şi a unei forţe poliţieneşti civile, cei cu intenţii rele vor profita de ocazie ca să-i controleze sau să-i exploateze pe cei mai paşnici şi mai vulnerabili. Iar, în momentul în care situaţia va degenera cu adevărat, chiar şi cetăţenii care anterior respectau legea vor recurge la toate acţiunile necesare pentru a-şi apăra şi întreţine familia. Dacă vrei să-ţi asiguri propria supravieţuire, va trebui să-ţi procuri cele necesare: un eufemism politicos pentru jaf.

Coeziunea unei societăţi se bazează în mare parte pe convingerea că urmărirea unor câştiguri pe termen scurt prin înşelăciune sau violenţă va fi descurajată de consecinţele pe termen lung. Vei fi stigmatizat din

punct de vedere social, nu vei mai fi considerat de încredere sau vei fi pedepsit de stat: trişorii nu prosperă. Acest acord tacit între indivizii unei societăţi de a coopera şi de a acţiona în vederea binelui comun, sacrificând o parte din libertatea individuală în schimbul unor beneficii precum protecţia oferită de stat, este cunoscut sub numele de contract social. Acesta reprezintă adevărata temelie a oricărui efort colectiv, a oricărei activităţi economice a unei civilizaţii – dar această structură începe să cedeze şi coeziunea socială începe să slăbească atunci când anumiţi indivizi înţeleg că pot obţine un câştig personal mai mare trişând, ori bănuiesc că alţii îi vor înşela pe ei.

O criză severă poate rupe contractul social şi poate grăbi dezintegrarea totală a ordinii publice. Este suficient să ne uităm la efectele pe care le-a avut o fractură locală a contractului social în ţara cea mai avansată tehnologic din lume. Oraşul New Orléans a fost devastat la nivel fizic de furia uraganului Katrina, însă deteriorarea rapidă a ordinii sociale şi izbucnirea anarhiei au fost provocate de conştientizarea plină de disperare a faptului că toată conduce rea locală s-a evaporat şi că ajutorul se va lăsa aşteptat.

Aşadar, după un cataclism, în urma dispariţiei conducerii centrale, ne putem aştepta la apariţia unor bande organizate pregătite să umple vidul de putere şi

să pretindă fiefuri personale. Cei care vor prelua controlul asupra resurselor rămase (alimente, combustibil şi aşa mai departe) vor administra singurele produse care mai au valoare în noua ordine mondială. Banii şi cărţile de credit nu vor mai avea nicio utilitate. Cei care îşi vor însuşi rezervele de alimente conservate şi le vor considera proprietatea lor vor deveni foarte bogaţi şi puternici: ei vor fi noii regi care vor controla alocarea raţiilor de hrană pentru a cumpăra loialitate şi servicii, la fel cum făceau împăraţii din vechea Mesopotamie. Într-un astfel de mediu, oamenii cu abilităţi speciale – precum medicii şi infirmierele – ar face mai bine să nu arate ce ştiu, pentru că altminteri ar putea fi siliţi să intre în slujba bandelor pe post de sclavi specializaţi.

Este posibil ca foarte curând oprirea jafurilor şi a raidurilor bandelor rivale să se facă folosind numai forţa, iar, pe măsură ce resursele se vor epuiza, concurenţa va deveni şi mai acerbă. O vorbă des întâlnită în rândul celor care se pregătesc în mod serios pentru apocalips (numiţi *prepperi*) este următoarea: „Mai bine să ai o armă şi să nu-ţi trebuiască decât să-ţi trebuiască şi să n-o ai”.

Un tipar care probabil se va repeta în timpul primelor săptămâni şi luni după apocalips îl constituie adunarea într-un loc uşor de apărat a mai multe

comunităţi de mici dimensiuni care sunt dispuse să se sprijine reciproc şi să apere împreună propriile resurse epuizabile. Aceste micronaţiuni vor avea nevoie de patrule care să le apere graniţele aşa cum sunt apărate frontierele naţionale de azi. Ironia este că cele mai sigure locuri în care se poate baricada şi ascunde un grup în timpul turbulenţei ar fi închisorile, care sunt complexuri în mare parte autosuficiente, cu ziduri, înalte, porţi rezistente, garduri de sârmă ghimpată şi turnuri de pază, destinate iniţial să-i împiedice să scape pe cei închişi în ele, dar care pot fi folosite şi în scop de apărare de către refugiaţii care vor să-i ţină pe alţii la distanţă.

Izbucnirea unui val de infracţiuni şi de violenţă este, probabil, o urmare inevitabilă a unui eveniment catastrofal. Dar nu vom mai discuta în continuare despre această coborâre în infernul unei lumi demne de *Împăratul muştelor.* Cartea de faţă are rolul de a accelera refacerea civilizaţiei tehnologice din momentul în care oamenii vor reuşi să se înţeleagă între ei.

Înainte de a ajunge la „cel mai bun", să începem cu cel mai rău. Din punctul de vedere al reconstruirii civilizaţiei, cel mai rău eveniment apocaliptic posibil ar fi un război nuclear total. Chiar dacă ai scăpa de vaporizarea din oraşele-ţintă, majoritatea echipamentelor moderne ar fi distruse, iar cerul

întunecat de praf şi solul otrăvit de precipitaţiile radioactive ar împiedica refacerea agriculturii. La fel de rea, chiar dacă nu va afecta viaţa în mod direct, ar fi o enormă ejecţie solară de masă coronală. O erupţie solară deosebit de violentă ar lovi câmpul magnetic din jurul planetei şi ar induce curenţi enormi în cablurile de distribuţie electrică, distrugând transformatoarele şi punând la pământ întreaga reţea electrică a lumii. Pana de curent globală ar întrerupe sistemul de pompare a apei şi a rezervelor de gaz, precum şi rafinarea combustibilului, împreună cu producţia de transformatoare electrice de schimb. În cazul unei distrugeri devastatoare a esenţei infrastructurii civilizaţiei moderne ce nu presupune un număr mare de decese, se va ajunge la prăbuşirea ordinii sociale, urmată curând de consumarea rapidă a tuturor proviziilor rămase de către hoarde rătăcitoare de oameni, fapt care va grăbi depopularea în masă. În cele din urmă, supravieţuitorii se vor trezi tot într-o lume fără oameni, dar una pustiită de orice fel de resurse care le-ar fi putut oferi o perioadă de graţie în care să se refacă.

Deşi majoritatea scenariilor dramatice din filme şi romane postapocaliptice au de-a face cu prăbuşirea civilizaţiei industriale şi a ordinii sociale, forţându-i pe supravieţuitori să se angajeze într-o luptă tot mai

disperată pentru puţinele resurse rămase, cel asupra căruia vreau să mă concentrez este exact inversul: o depopulare atât de extremă, încât infrastructura civilizaţiei noastre tehnologice rămâne neatinsă. Cea mai mare parte a omenirii a dispărut de pe faţa Pământului, lăsând în urmă tot ce a fabricat. Acest scenariu oferă cel mai interesant punct de plecare pentru a ne imagina în ce fel am putea reconstrui o civilizaţie pornind de la zero. Le oferă supravieţuitorilor o perioadă de graţie pentru a se repune pe picioare, evitând riscul unei degenerări prea abrupte, care i-ar fi lipsit de timpul necesar învăţării funcţiilor esenţiale ale unei societăţi autosuficiente.

Pentru a ajunge la un astfel de scenariu, ar fi nevoie de o pandemie cu răspândire rapidă. Furtuna virală perfectă trebuie să fie o boală contagioasă care să combine agresivitatea virulentă cu o perioadă lungă de incubaţie şi o rată de mortalitate cât mai aproape de 100%. Prin urmare, agentul apocalipsului ar urma să fie extrem de contagios pentru oameni, să aibă nevoie de ceva timp până să declanşeze boala (astfel încât să maximizeze numărul celor infectaţi), dar să conducă în cele din urmă la moarte sigură. Am devenit o specie preponderent urbană (din 2008, majoritatea populaţiei globului locuieşte în oraşe, nu în zone rurale), iar această densitate incredibilă, alături de înmulţirea

călătoriilor intercontinentale, asigură condiţiile perfecte pentru transmiterea rapidă a bolilor contagioase. Dacă o epidemie precum ciuma, care a ucis o treime din populaţia Europei (şi probabil o proporţie similară în Asia) în secolul al XIV-lea, ar lovi astăzi, civilizaţia noastră tehnologică ar fi mult mai puţin rezistentă.[6]

Care ar fi atunci numărul minim necesar de supravieţuitori ai unei catastrofe globale cu o şansă reală nu numai să repopuleze lumea, dar şi să poată accelera reconstruirea civilizaţiei? Altfel spus: care este masa critică necesară pentru o repornire rapidă?

Spectrul posibilităţilor de supravieţuire are două extreme pe care le voi numi scenariile *Mad Max* şi *Sunt o legendă.* Dacă ar ceda sistemul tehnologic care susţine societatea modernă fără a avea loc o depopulare imediată (din cauza unei ejecţii de masă coronală, de pildă), majoritatea populaţiei ar supravieţui şi ar consuma rapid, într-o competiţie feroce, toate resursele rămase. Asta ar irosi perioada de graţie, iar societatea ar degenera rapid într-o barbarie în stil *Mad Max,* care ar avea drept consecinţă şi depopularea în masă, cu o

---

[6] Unele dintre urmările pe termen lung ale acestui flagel au fost benefice pentru societate, cel puţin din punct de vedere cultural. Datorită scăderii forţei de muncă, şerbii care au supravieţuit depopulării în masă au reuşit să rupă legăturile cu seniorii, ajutând la desfiinţarea sistemului feudal opresiv şi conducând spre o structură socială mai egalitară şi spre o economie orientată către piaţă.

foarte mică speranţă de revenire a civilizaţiei. Dacă, pe de altă parte, rămâne în lume un singur supravieţuitor („omul omega”), sau puţinii supravieţuitori sunt atât de dispersaţi, încât este greu de crezut că s-ar putea întâlni în decursul vieţii lor, atunci noţiunea de reconstruire a civilizaţiei sau măcar de refacere a populaţiei omeneşti este nulă. Omenirea atârnă de un singur fir de păr şi este inevitabil condamnată odată cu moartea bărbatului sau femeii omega: situaţia din romanul *Sunt o legendă* de Richard Matheson. Doi supravieţuitori, un bărbat şi o femeie, reprezintă minimul matematic de supravieţuitori necesari pentru perpetuarea speciei, dar diversitatea genetică şi viabilitatea pe termen lung a unei populaţii care se trage din doar doi indivizi ar fi serios compromise.

Aşadar, care este minimul teoretic necesar pentru repopularea planetei? Pentru estimarea numărului de pionieri fondatori care au ajuns iniţial cu plutele din Polinezia de Est în Noua Zeelandă s-a folosit analiza secvenţelor de ADN mitocondrial obţinut de la populaţia neozeelandeză maori de astăzi. Diversitatea genetică a dezvăluit faptul că această populaţie ancestrală nu a numărat mai mult de 70 de femei fertile, deci numărul total de persoane a fost probabil doar de două ori mai mare. Din analize genetice similare, se deduce că populaţia fondatoare aflată la originea

majorităţii amerindienilor a fost comparabilă ca număr. Aceştia sunt descendenţii unor strămoşi care au traversat cu 15.000 de ani în urmă strâmtoarea Bering, venind din Asia de Est, într-o perioadă când nivelul mării era mai mic. Prin urmare, un grup postapocaliptic de câteva sute de femei şi bărbaţi, aflaţi toţi în acelaşi loc, ar trebui să conţină suficientă variaţie genetică încât să poată repopula lumea.

Problema este că, având şi o rată de creştere de 2% pe an – cea mai mare rată de creştere a populaţiei umane întâlnită vreodată ce se datorează agriculturii industrializate şi medicinei moderne –, tot va fi nevoie de opt secole până când se va ajunge la un nivel de populaţie comparabil cu cel din perioada revoluţiei industriale. (Vom analiza în capitolele următoare motivele pentru care dezvoltarea tehnologică şi ştiinţa avansată au probabil nevoie de o anumită mărime a populaţiei şi de o minimă structură socio-economică.). O astfel de populaţie iniţială atât de redusă se va dovedi probabil mult prea mică pentru a fi în stare să cultive pământul, ca să nu mai vorbim de introducerea unor mijloace de producţie mai avansate; aşa că va regresa până la nivelul de trai al vânător-culegătorilor, având ca preocupare principală lupta pentru subzistenţă. Aproape întreaga istorie a speciei umane s-a rezumat la acest mod de viaţă, care nu poate susţine

o populaţie densă şi este o capcană din care ar fi foarte greu de ieşit din nou. Cum se poate evita un regres atât de mare?

Populaţia supravieţuitoare va avea nevoie de mână de lucru din belşug pentru munca agricolă, în vederea asigurării unei productivităţi minime, dar şi de un număr suficient de mare de indivizi care vor putea dezvolta alte meşteşuguri şi vor avea şansa să recupereze anumite tehnologii. Pentru cea mai bună demarare posibilă, sunt necesari suficienţi supravieţuitori cu o gamă largă de aptitudini şi calificări, plus suficientă cunoaştere colectivă, astfel încât să se preîntâmpine un regres prea mare. O populaţie supravieţuitoare de 10.000 de persoane, aflată în oricare regiune (pentru Marea Britanie, asta ar reprezenta o rată de supravieţuire de numai 0,016%), capabilă să se adune într-o nouă comunitate şi să muncească paşnic împreună, ar reprezenta punctul de pornire ideal pentru experimentul gândit de mine.

Să ne îndreptăm acum atenţia asupra genului de lume în care se vor găsi supravieţuitorii şi cum se va schimba ea în timpul reconstrucţiei civilizaţiei.

Recolonizarea oraşelor de către natură

Încetarea întreţinerii regulate a oraşelor îi va oferi

naturii ocazia de a pune stăpânire pe spaţiul urban. Pe străzi şi trotuare se vor aduna gunoi şi moloz, blocând canalizarea şi provocând băltirea apei, în care resturile vor putrezi. În astfel de zone vor prolifera primele buruieni. Chiar şi în absenţa unor cauciucuri de maşină care să circule pe şosele, fisurile din asfalt se vor lărgi treptat şi vor deveni crăpături. La fiecare îngheţ, apa adunată în aceste deschizături va îngheţa şi se va dilata, fărâmiţând stratul artificial din jur în cadrul aceluiaşi ciclu aspru îngheţ-dezgheţ care macină constant lanţuri muntoase întregi. Această uzură va crea şi mai multe deschizături pentru alte buruieni oportuniste, apoi pentru arbuşti, care vor prinde rădăcini şi se vor înălţa la suprafaţă. Alte plante sunt şi mai agresive, rădăcinile lor pătrunzând direct prin cărămidă şi mortar, în căutarea unor surse de umezeală. Iedera se va căţăra pe semafoare şi pe indicatoarele rutiere, tratându-le ca pe nişte trunchiuri de copac metalice, iar faţadele clădirilor se vor acoperi de straturi luxuriante de plante agăţătoare, care vor atârna apoi de pe acoperişuri.

După câţiva ani, acumularea de frunze uscate şi de materie vegetală provenită din acest prim avânt de creştere se va descompune într-un humus organic, care, prin amestecul cu praful adus de vânt, nisipul şi rămăşiţele cărămizilor şi ale betonului deteriorat, va

genera un veritabil sol urban. Hârtii şi alte resturi aduse de vânt prin ferestrele sparte ale clădirilor de birouri se vor strânge pe străzile de dedesubt şi se vor adăuga acestui strat organic. Un covor tot mai gros de pământ va acoperi drumurile, trotuarele, parcările şi spaţiile deschise din orăşele şi oraşe, permiţând apariţia unor arbori mai mari. Departe de străzile asfaltate şi de pieţele pavate, parcurile pline de iarbă ale oraşelor şi zonele rurale din jurul metropolelor vor reveni repede la starea naturală. În numai un deceniu sau două, hăţişurile de vegetaţie sălbatică şi de mesteceni vor fi bine statornicite, iar, la sfârşitul primului secol de după apocalips, acestea se vor transforma în păduri dese de molid, zadă şi castani.

În vreme ce natura pune stăpânire pe mediul înconjurător, clădirile noastre vor cădea treptat în ruină în mijlocul pădurilor tot mai dese. Pe măsură ce vegetaţia va reveni şi va umple străzile cu ramuri, resturi vegetale şi frunze purtate de vânt, amestecate cu gunoaie revărsate din clădiri, pe străzi se vor aduna grămezi de vreascuri şi alte lucruri inflamabile, iar riscul izbucnirii unor incendii de pădure urbană va creşte. Resturi lemnoase uscate adunate pe faţada unei clădiri şi aprinse de un fulger în timpul unei furtuni de vară, sau poate de o rază de soare focalizată printr-un ciob de sticlă: de atât este nevoie ca să se declanşeze

incendii devastatoare, gata să se întindă de-a lungul străzilor şi să aprindă interiorul clădirilor înalte.

Un oraş modern n-ar putea fi distrus din temelii – aşa cum s-a întâmplat cu Londra în 1666 sau cu Chicago în 1871, când focul s-a răspândit repede de la o clădire de lemn la alta şi a traversat cu uşurinţă străduţele înguste –, dar flăcările, în lipsa pompierilor care să li se împotrivească, tot ar fi devastatoare. Gazul rămas în conductele subterane şi în cele din clădiri ar exploda, iar carburantul rămas în rezervoarele maşinilor abandonate pe străzi ar spori şi mai mult infernul. În zonele populate sunt răspândite bombe gata să sară în aer imediat ce le atinge focul: benzinăriile, depozitele de substanţe chimice şi cuvele cu solvenţi extrem de volatili şi de inflamabili din curăţătoriile de haine. Probabil că una dintre cele mai impresionante privelişti de care vor avea parte supravieţuitorii postapocaliptici va fi aceea a incendierii fostelor oraşe: coloane groase de fum negru, înecăcios, ridicându-se deasupra întregului peisaj şi făcând cerul nopţii să pară roşu ca sângele. După stingerea flăcărilor, nu vor mai rămâne decât structurile din cărămidă, beton şi oţel ale clădirilor contemporane: schelete carbonizate lipsite de mărunţaiele lor inflamabile.

Focul va devasta suprafeţe întinse ale oraşelor pustii, însă apa este cea care ne va distruge în cele din urmă

toate clădirile construite cu atâta grijă. Prima iarnă de după apocalips va aduce cu ea o grămadă de ţevi de apă sparte de la îngheţ, apă care se va revărsa în interiorul clădirilor în timpul următorului dezgheţ. Ploaia va pătrunde prin geamurile sparte, se va scurge prin găurile acoperişurilor şi va răbufni din conductele de canalizare înfundate. Vopseaua cojită de pe tocurile uşilor şi ferestrelor va permite pătrunderea umezelii, făcând lemnul să putrezească şi metalul să cadă pradă coroziunii. Părţile de lemn ale construcţiilor – podele, grinzi şi traverse – se vor îmbiba şi ele de umezeală, în timp ce bolţurile, şuruburile şi cuiele care ţin componentele laolaltă vor rugini.

Betonul, cărămizile şi mortarul întins între ele vor fi afectate de schimbările de temperatură, îmbibate de apa care picură necontenit din streşinile înfundate şi transformate în pulbere de neobositul proces al îngheţului şi dezgheţului. În zonele mai calde, insecte precum termitele şi viermii lemnului îşi vor uni forţele cu ciupercile şi vor consuma toate componentele de lemn ale clădirilor. Nu va dura mult până când grinzile de lemn se vor şubrezi şi vor ceda, provocând prăbuşirea etajelor şi a acoperişului, iar în cele din urmă pereţii se vor înclina şi ei şi se vor răsturna. Majoritatea caselor sau a blocurilor de apartamente vor rezista cel mult o sută de ani.

Pe măsură ce vopseaua de pe ele se va coji, podurile de metal se vor coroda şi rezistenţa le va slăbi, permiţând infiltrarea apei. Dar lovitura de graţie pentru multe poduri va veni totuşi din partea resturilor aduse de vânt şi adunate în rosturile de dilatare, acele spaţii care permit dilatarea materialelor în timpul verii. Odată înfundate aceste rosturi, podurile se vor tensiona şi vor forfeca bolţurile corodate, până când întreaga structură va ceda. Într-un secol sau două, multe poduri se vor fi prăbuşit în apa de dedesubt, iar resturile şi pietrişul adunat la baza stâlpilor rămaşi încă în picioare vor forma o serie de stăvilare.

Betonul cu armătură de oţel din care sunt făcute multe dintre clădirile moderne este un material de construcţii minunat, dar, cu toate că rezistă mai mult decât lemnul, nici vorbă să fie imun la degradare. Cauza principală a deteriorării acestui material o reprezintă, în mod ironic, exact ceea ce îi conferă uriaşa putere mecanică. Barele de oţel (armătura) sunt apărate de intemperii de betonul care le înconjoară, dar, pe măsură ce vor avea loc infiltraţii cu apa de ploaie uşor acidă, iar în fundaţii va pătrunde acid humic provenit din descompunerea vegetaţiei, armătura de oţel va începe să ruginească în interiorul zidurilor. Lovitura finală dată acestei tehnici moderne de construcţie se va datora faptului că oţelul, pe măsură ce rugineşte, se

dilată, spărgând betonul dinăuntru şi lăsând astfel o suprafaţă mai mare expusă umezelii, accelerându-i sfârşitul. Armăturile sunt punctul slab al construcţiilor moderne, iar betonul nearmat se va dovedi mai durabil pe termen lung: domul Panteonului din Roma încă se ţine bine chiar şi după 2000 de ani.

Pentru clădirile înalte, ameninţarea majoră vine însă de la fundaţiile îmbibate cu apă din cauza canalizării înfundate sau a inundaţiilor repetate, mai ales în cazul oraşelor construite de-a lungul malurilor unui râu. Temelia acestor clădiri se va coroda şi se va degrada, sau se va înfunda în pământ, făcând zgârie norii să se încline mai ameninţător decât Turnul din Pisa, pentru ca apoi să se prăbuşească. Resturile duse de ploaie vor distruge şi mai rău construcţiile înconjurătoare sau zgârie-norii ar putea cădea unii peste alţii, ca nişte piese uriaşe de domino, până când doar câţiva îşi vor mai ridica vârfurile deasupra orizontului de copaci. Ne putem aştepta ca puţine dintre clădirile noastre foarte înalte să fi rămas încă în picioare după câteva secole.

În decursul unei singure generaţii sau poate două, geografia urbană va deveni de nerecunoscut. Puietul se va transforma în copaci maturi. Străzile şi bulevardele vor fi înlocuite de coridoare de pădure deasă înghesuite în canioanele artificiale dintre clădirile înalte, ele însele grav afectate şi pline de vegetaţie care

răbufneşte prin găurile ferestrelor, formând ecosisteme verticale. Natura a pus stăpânire pe jungla urbană Cu timpul, dărâmăturile provenite de la clădirile prăbuşite se vor sfărâma ca urmare a acumulării de materie vegetală iar în cele din urmă până şi rămăşiţele unor zgârie-nori cândva impresionanţi vor fi îngropate sub o vegetaţie luxuriantă.

Departe de oraşe, flote de nave-fantomă vor pluti pe oceane, iar capriciile vântului şi ale curenţilor le vor împinge ocazional pe coastă, unde-şi vor despica burţile, lăsând să curgă prin ele valuri otrăvitoare de petrol, sau îşi vor împrăştia containerele în voia curenţilor oceanici ca pe nişte păpădii în vânt. Dar poate că cel mai spectaculos naufragiu, dacă se va întâmpla să fie cineva de faţă, va fi întoarcerea pe Pământ a uneia dintre cele mai ambiţioase construcţii din istoria omenirii.

Staţia Spaţială Internaţională este un edificiu uriaş, lat de 100 de metri, construit vreme de 14 ani pe orbita joasă a Pământului: un ansamblu impresionant de module presurizate, lonjeroane fusiforme şi panouri solare ca nişte aripi de libelulă. Deşi zboară la 400 de kilometri deasupra capetelor noastre, staţia spaţială nu este chiar ferită de efectele părţii superioare a atmosferei, care exercită o forţă de atracţie insesizabilă, dar neîntreruptă, asupra structurii sale tentaculare.

Acest fenomen seacă energia orbitală a staţiei, făcând-o să se apropie constant de sol, motiv pentru care trebuie repoziţionată în mod repetat cu ajutorul unor rachete propulsoare. După decesul astronauţilor, sau din lipsă de combustibil, staţia spaţială va coborî constant cu câte doi kilometri în fiecare lună. În cele din urmă, va cădea abrupt prin atmosferă şi va sfârşi prin a se transforma într-o dâră de lumină, asemănătoare unei stele căzătoare artificiale.

Clima postapocaliptică

Degradarea treptată a oraşelor nu este singurul proces de transformare la care vor fi martori supravieţuitorii.

Din momentul revoluţiei industriale şi al exploatării primelor resurse de cărbune, apoi de gaz natural şi de petrol, omenirea a săpat mereu sub pământ în căutare de energie chimică acumulată acolo din vremuri imemoriale. Aceşti combustibili fosili, acumulări de carbon gata exploatabile, sunt rămăşiţele descompuse ale unor păduri străvechi şi ale unor organisme marine: energia chimică a acestora provenită din capturarea luminii solare care a strălucit pe Pământ cu multă vreme în urmă. Acest carbon provine iniţial din atmosferă, dar problema este că noi ardem rezervele

atât de rapid, încât carbonul fixat în câteva sute de milioane de ani a fost eliberat din nou în atmosferă într-un secol, pompat de coşuri şi de eşapamentele maşinilor. Este un proces mult mai rapid decât cel prin care sistemul planetar poate reabsorbi dioxidul de carbon, iar azi există cu 40% mai mult gaz de acest gen în atmosferă decât era la începutul secolului al XVIII-lea. Un efect al acestui nivel ridicat de dioxid de carbon este acela că o mai mare parte din căldura solară rămâne captivă în atmosfera Pământului din cauza efectului de seră, conducând la încălzirea globală. La rândul ei, încălzirea globală va provoca creşterea nivelului apelor marine şi perturbarea condiţiilor meteorologice peste tot în lume, ducând la apariţia mai frecventă a inundaţiilor provocate de ploi torenţiale în anumite regiuni şi la secetă în altele, cu consecinţe grave asupra agriculturii.

Odată cu prăbuşirea civilizaţiei tehnologice, emisiile produse de industrie, de agricultura intensivă şi de transport vor înceta peste noapte, iar poluarea generată de populaţia supravieţuitoare va scădea imediat la zero. Dar, chiar dacă emisiile s-ar opri mâine, cantitatea enormă de dioxid de carbon pe care civilizaţia noastră l-a vărsat deja în atmosferă va continua să afecteze planeta mai multe secole. În momentul de faţă, ne aflăm într-o fază de latenţă, în care planeta

reacţionează la lovitura bruscă şi puternică pe care am dat-o echilibrului ei.

Este foarte posibil ca lumea postapocaliptică să se confrunte în următoarele secole cu o creştere de câţiva metri a nivelului mărilor şi oceanelor, întrucât procesul a fost deja pregătit în sistem. Efectele ar putea fi încă şi mai rele dacă încălzirea va avea consecinţe indirecte, cum ar fi topirea permafrostului care conţine o mare cantitate de metan sau topirea generalizată a gheţarilor. Chiar dacă după apocalips nivelul de dioxid de carbon va scădea, se va opri la o valoare suficient de ridicată şi nu va reveni la starea anterioară revoluţiei industriale decât după mai multe zeci de mii de ani. La nivelul intervalului de timp cu care operăm noi sau orice altă civilizaţie ulterioară, această forţare artificială a termostatului planetei este definitivă, iar indiferenţa ce ne caracterizează modul de viaţă de acum va lăsa o moştenire sumbră celor care vor locui planeta după noi. Pentru supravieţuitorii care deja se zbat să-şi asigure existenţa, aceste schimbări climatice petrecute de-a lungul mai multor generaţii vor avea consecinţe destul de dramatice: terenuri cândva fertile vor fi distruse de secetă, regiunile joase vor fi inundate, iar bolile tropicale vor deveni predominante. Unele schimbări ale climei locale au provocat deja în istoria noastră prăbuşiri bruşte ale unor civilizaţii, iar

schimbările ce se petrec acum la scară globală ar putea zădărnici revenirea la civilizaţie a unei societăţi postapocaliptice fragile.

Perioada de graţie

„Niciodată nu ne cunoaştem soarta până nu ne este luminată de una potrivnică ei. Nu ştim să preţuim bucuriile decât după ce le pierdem."

Daniel Defoe, *Robinson Crusoe*[7]

Dacă te prăbuşeşti cu avionul într-o zonă izolată, principalele priorităţi pentru supravieţuire ar fi: găsirea unui adăpost, apa şi hrana. Acelaşi lucru este valabil şi în cazul prăbuşirii civilizaţiei. Dacă fără hrană se poate supravieţui câteva săptămâni, iar fără apă, câteva zile, expunerea directă la un mediu neîndurător ar putea duce la deces în câteva ore. John „Lofty" Wiseman, expertul în supravieţuire din cadrul SAS, mi-a spus cândva: „Dacă rămâi în picioare după big bang, eşti supravieţuitor. Dar timpul cât vei mai trăi depinde de cunoştinţele pe care le ai şi de ce ştii să faci". Să presupunem, aşadar, că 99% dintre noi nu ne-am

---

[7] D. Defoe, *Robinson Crusoe,* trad. de Petru Comarnescu, Editura All, Bucureşti, 2002, p. 122. (N. red.).

pregătit pentru sfârşitul lumii: nu ne-am făcut rezerve de hrană şi de apă şi nu ne-am fortificat locuinţele.

Prin urmare, ce fel de rămăşiţe poţi aduna ca să-ţi asiguri supravieţuirea în perioada crucială ce precedă momentul în care eşti silit să începi producerea de lucruri noi? Ce ar trebui să cauţi în timp ce scormoneşti printre resturile lăsate în urmă de tehnologie?

Adăpostul

În situaţia pe care mi-am imaginat-o (depopulare, dar fără distrugerea masivă a infrastructurii), probabil că nu vei fi lipsit de adăpost: în perioada imediat următoare unui apocalips vor fi destule clădiri abandonate. Ar merita totuşi să treci imediat printr-un magazin cu produse de camping şi să îţi iei echipament nou. Stilul vestimentar pentru sfârşitul lumii este unul pragmatic: pantaloni largi şi rezistenţi, straturi de haine călduroase pentru partea de sus a corpului şi o geacă impermeabilă folositoare în perioadele lungi pe care le vei petrece în aer liber sau în clădiri neîncălzite. Poate că bocancii zdraveni de munte nu arată prea elegant, dar într-o lume postapocaliptică nu vei dori deloc să calci strâmb şi să îţi luxezi glezna. În primii ani, locurile cele mai potrivite în care să căutaţi haine încă nedistruse de insecte sau de umezeală vor fi centrele

comerciale mari. Într-un mall există spaţiu din belşug, iar bunurile depozitate acolo sunt ferite de intemperii.

Pe lângă hainele călduroase, focul este cel care îţi va asigura supravieţuirea. Focul a avut un rol fundamental în istoria omenirii: ne-a apărat de frig, ne-a furnizat lumină, ne-a ajutat la gătirea alimentelor (făcându-le mai uşor de digerat şi distrugând agenţii patogeni) şi ne-a ajutat să topim metalele. Imediat după prăbuşire nu va trebui să te pricepi la tehnici de supravieţuire în sălbăticie şi nici să faci focul frecând două beţe. Vei găsi chibrituri din belşug în micile magazine din colţul străzii şi în case, iar brichetele rămase vor continua să-şi facă treaba ani în şir.

Dacă nu găseşti chibrituri sau brichete, există metode mai puţin convenţionale de a aprinde focul folosind materiale adunate din rămăşiţele civilizaţiei. Dacă este o zi senină, soarele poate fi concentrat într-un punct incandescent folosind o lupă, o pereche de ochelari[8] sau chiar fundul curbat al unei cutii de aluminiu pentru băuturi, care poate fi lustruit cu un cub de ciocolată sau cu un strop de pastă de dinţi. Se pot genera scântei şi

---

[8] Numai cei care corectează prezbitismul; lentilele concave pentru miopie, afecţiune care afectează mai multă lume, dispersează lumina, în loc s-o concentreze. William Golding a făcut această greşeală celebră în cartea *Împăratul muştelor,* în care Piggy, care suferea de miopie, aprinde focul folosindu-şi ochelarii.

atingând cablurile electrice ataşate la bateria unei maşini abandonate, iar o bucată de lână metalică dintr-un dulap de bucătărie se va aprinde spontan dacă este frecată de polii unei baterii de 9 volţi, scoasă dintr-un detector de fum. În jurul spaţiilor de locuit rămase pustii vor exista materiale inflamabile din abundenţă – bumbac, lână, pânză şi hârtie –, mai ales dacă le îmbibi cu acceleratori precum vaselină, fixativ, diluant de vopsea sau pur şi simplu cu un strop de benzină, din dorinţa de a arde mai repede. Nu va fi nevoie de un efort prea mare ca să găseşti combustibil pentru foc, nici măcar într-un mediu urban. Zonele aglomerate sunt pline de lemn – de la mobilă până la tufele uscate din grădini, care pot fi puse pe foc pentru a vă încălzi sau a găti.

Problema nu este aprinderea unui foc sau menţinerea lui, ci unde să-l faci. Marea majoritate a caselor şi apartamentelor construite recent nu au vetre sau şemineuri. La nevoie, poţi adăposti focul într-un coş de metal, sau poţi aduce înăuntru un grătar, iar, dacă apartamentul are podea din beton, poţi smulge mocheta şi aprinde focul direct pe beton. Va fi nevoie să laşi fumul şi gazele să iasă printr-o fereastră întredeschisă (mai ales dacă eşti obligat să arzi textile sintetice sau mobilier căptuşit cu spumă). Dar cel mai bine ar fi să găseşti o casă mai veche de ţară, care este

construită pentru a fi încălzită cu foc, şi nu cu radiatoare – un motiv important să părăseşti oraşul cât mai curând, după cum vom vedea ulterior.

Apa

După găsirea unui adăpost pentru a te proteja de elementele naturii, a doua prioritate o constituie asigurarea accesului la apă curată şi potabilă. Înainte să sece rezervele municipale, poţi umple cada şi chiuvetele, toate găleţile curate, chiar şi sacii de gunoi din polietilenă, care sunt suficient de rezistenţi. Aceste rezerve de apă de urgenţă trebuie acoperite, ca să nu se contamineze cu resturi şi să rămână ferite de lumina soarelui, ce permite dezvoltarea algelor. Poţi aduna apă îmbuteliată din supermarketuri şi cea din dozatoarele clădirilor de birouri. Altă rezervă de apă bună de stocat este cea din piscinele hotelurilor, precum şi cea din rezervoarele de apă caldă ale clădirilor mari. Cu timpul, vei ajunge să te bazezi pe surse de apă la care în mod obişnuit ai fi strâmbat din nas. Fiecare supravieţuitor va avea nevoie de cel puţin trei litri de apă curată în fiecare zi, sau chiar mai multă în zonele cu temperaturi ridicate ori în condiţii de efort. Nu uita că această cantitate este strict pentru rehidratare şi nu include apa necesară la gătit şi la spălat.

Apa care nu provine dintr-o sticlă sigilată trebuie purificată. O metodă sigură de a steriliza apa de agenţii patogeni este fierberea ei timp de câteva minute (dar această metodă nu oferă protecţie şi împotriva combinaţiilor chimice nocive). Este totuşi o metodă care cere mult timp şi va consuma rapid rezervele de combustibil. După ce ai găsit un loc în care să te instalezi, o soluţie mai practică pe termen lung pentru purificarea unor volume mari de apă o constituie combinarea filtrării cu dezinfectarea. Un sistem rudimentar, dar perfect adecvat pentru filtrarea apelor mâloase din lacuri şi râuri, se bazează pe folosirea unui recipient înalt: găleată de plastic, butoi de oţel sau chiar o pubelă bine curăţată. În fundul recipientului se fac câteva găuri care se acoperă cu un strat de mangal, fie luat dintr-un magazin cu articole tehnice, fie creat prin mijloace proprii folosind instrucţiunile de la pagina 114. Deasupra cărbunelui se pun alternativ straturi de nisip fin şi de pietriş. Pe urmă se toarnă apa în recipient, iar, pe măsură ce se scurge, va fi filtrată de cea mai mare parte a particulelor.

Prima opţiune pentru dezinfectarea acestei ape filtrate şi eliminarea agenţilor patogeni specifici este folosirea unor tratamente special create pentru purificarea apei, cum ar fi tabletele sau cristalele de iod disponibile în magazinele cu articole de camping. Dacă

nu le găsiţi nicăieri, există câteva alternative surprinzătoare care vor funcţiona la fel de eficient: de exemplu, soluţiile pe bază de clor folosite pentru curăţenia caselor. Doar câteva picături dintr-un lichid cu concentraţie de 5% care indică hipocloritul de sodiu drept ingredient de bază vor dezinfecta într-o oră un litru de apă. Verificaţi însă cu atenţie eticheta şi asiguraţi-vă că produsul nu conţine aditivi precum parfumuri şi coloranţi, care pot fi otrăvitori. O singură sticlă de soluţie de curăţat cu înălbitor găsită sub chiuveta unei bucătării poate purifica 2000 de litri de apă: rezerva potabilă necesară pentru o persoană timp de aproape doi ani.

Produsele folosite la clorinarea piscinelor, adunate din magazia unei săli de sport sau de la un angrosist, pot fi folosite şi ele, într-o diluţie mai slabă, pentru dezinfectarea apei de băut. O singură linguriţă din această pulbere de hidroclorit de calciu ajunge ca să dezinfecteze 800 de litri de apă (din nou, ai grijă să nu conţină agenţi cu rol antifungic sau aditivi de limpezire). Mai târziu, după ce toţi agenţii de clorinare se vor fi terminat, va trebui să îţi creezi propria soluţie de la zero, folosind ca materii prime apa de mare şi creta, aşa cum vom vedea în Capitolul 10.

Sticlele de plastic pot fi folosite nu doar la stocarea apei, ci şi la sterilizarea ei. Dezinfectarea solară a apei

foloseşte doar lumină solară şi sticle transparente şi este recomandată de Organizaţia Mondială a Sănătăţii ca mijloc descentralizat de tratare a apei în ţările în curs de dezvoltare – o tehnologie deloc complicată, perfectă pentru lumea postapocaliptică. Curăţă sticlele de etichete (dar nu folosiţi sticle mai mari de 2 litri, pentru că astfel partea cea mai importantă a razelor solare nu va reuşi să le străbată în întregime), umple-le cu apa pe care vrei să o dezinfectezi şi lasă-le afară, în bătaia soarelui. Ultravioletele din razele solare sunt foarte dăunătoare pentru microorganisme, iar, dacă apa se încălzeşte până la peste 50°C, efectul lor dezinfectant va fi foarte crescut. Un sistem bun este să orientezi în direcţia soarelui o foaie de tablă ondulată şi să pui sticlele de apă în adânciturile acesteia. Vopsirea tablei în negru ajută procesul de sterilizare.

Cu toate acestea, e bine de ştiut că sticla şi unele mase plastice, de exemplu PVC-ul, blochează razele ultraviolete. Verifică fundul sticlei de plastic. Majoritatea au acum un simbol pentru reciclare: pe tine te interesează cele cu simbolul care indică faptul că sunt fabricate din PET (polietilenă tereftalată). Dacă apa este prea tulbure ca să treacă prin ea razele soarelui, trebuie mai întâi filtrată mecanic. Când cerul este senin, această metodă poate dezinfecta apa în circa şase ore, dar, dacă este înnorat, e mai bine s-o laşi două

zile.

Hrana

Câtă vreme vei putea continua să consumi resturile rămase în urma civilizaţiei? Data de expirare de pe ambalajele moderne este doar o indicaţie generală şi deseori subestimează deteriorarea alimentelor, folosind o marjă de siguranţă destul de mare. Aşadar, câtă vreme vor rămâne comestibile diferite tipuri de alimente? Unele produse rezistă mai mult sau mai puţin nelimitat: de exemplu, sarea, sosul de soia, oţetul şi zahărul (atâta timp cât rămâne uscat). Vom vedea în Capitolul 4 cum pot fi folosite aceste substanţe pentru conservarea alimentelor.

Alte produse din alimentaţia obişnuită nu se vor păstra la fel de bine pe rafturile supermarketurilor pustii. Majoritatea fructelor şi legumelor proaspete se vor veşteji şi vor putrezi în câteva săptămâni, în timp ce tuberculii vor rezista mai multă vreme, întrucât au evoluat astfel încât să înmagazineze energia plantei peste iarnă. Cartofii, maniocul şi ignamele au o bună şansă să se păstreze mai mult de şase luni, dacă sunt depozitate într-un loc răcoros, uscat şi întunecos.

Brânza şi alte bunătăţi de pe raftul cu delicatese vor mucegăi tot în câteva săptămâni, iar, după câteva luni,

carnea neambalată din măcelării se va descompune până când nu vor mai rămâne decât oasele. Ouăle sunt surprinzător de rezistente şi pot rămâne comestibile peste o lună fără refrigerare.

Laptele proaspăt se va strica după circa o săptămână, dar cel în ambalaje UHT se poate păstra mai mulţi ani, iar laptele praf, chiar şi mai mult Deoarece în cazul alimentelor deshidratate grăsimea este cea care se strică prima, pentru că râncezeşte, cel mai mult timp va rămâne comestibil laptele praf degresat Grăsimea şi untul se vor strica repede în frigiderele defuncte, iar uleiurile de gătit vor râncezi şi ele în timp. (În momentul în care nu mai corespund consumului uman, conţinutul lor gras poate fi în continuare folosit pentru a produce săpun sau biocombustibil, după cum vom vedea ulterior.).

Făina albă se poate păstra numai câţiva ani – mai mult însă decât făina integrală, care, din pricina conţinutului mai mare de ulei, râncezeşte repede. Produsele din făină de genul pastelor uscate vor ţine şi ele câţiva ani. Conţinutul nutritiv supravieţuieşte mult mai bine dacă boabele de cereale n-au fost sparte sau măcinate (procese care expun germenele la umezeală şi la oxigen), aşa că boabele de grâu nemăcinate vor rămâne bune vreme de decenii. La fel şi boabele de porumb, care îşi vor păstra valoarea nutritivă în jur de

zece ani, în timp ce mălaiul va rezista doar doi-trei ani. Orezul uscat rezistă bine între cinci şi zece ani.

Toate afirmaţiile de mai sus sunt valabile presupunând că alimentele rămase sunt păstrate în condiţii care le favorizează conservarea; locuri răcoroase şi uscate. Nu este nerezonabil să ne aşteptăm la asta atunci când este vorba despre interiorul unui supermarket dintr-o regiune temperată, dar, dacă locuiţi într-o zonă cu climă caldă şi umedă, alimentele vor începe să se degradeze rapid, imediat ce se va prăbuşi reţeaua electrică şi se vor opri aparatele de aer condiţionat După ce frigiderele şi congelatoarele nu vor mai funcţiona, mirosul pătrunzător de putrefacţie va atrage mulţi prădători nonumani: şobolani şi insecte, precum şi haite de câini şi alte foste animale de casă, devenite tot mai înfometate. Este probabil ca până şi alimentele bine ambalate să cedeze atacului colţilor şi ghearelor acestora, aşa că resursele disponibile pentru supravieţuitori ar putea fi limitate mai puţin de data de expirare a alimentelor, cât de dăunători – aşa cum se întâmpla în hambarele unor civilizaţii timpurii.

Cea mai mare rezervă de mijloace de subzistenţă vor rămâne totuşi nenumăratele rafturi din supermarketuri pline cu conserve de alimente în cutii metalice. Nu numai că ambalajul lor din metal poate rezista invaziei postapocaliptice de dăunători şi de insecte, dar

tratamentul termic din timpul procesului de ambalare este excepţional de potrivit să protejeze conţinutul împotriva degradării microbiene din interior. Deşi data de expirare tipărită nu indică în general mai mult de doi ani, produsul din multe cutii de conserve va rezista câteva decenii, dacă nu chiar peste un secol, după prăbuşirea civilizaţiei care l-a produs. Rugina sau îndoiturile ambalajului nu înseamnă neapărat că a fost compromis şi conţinutul, câtă vreme nu există urme de scurgeri sau cutia nu s-a umflat.

Aşadar, dacă eşti un supravieţuitor cu un întreg supermarket la îndemână, cât vei rezista bazându-te pe conţinutul lui? Cea mai bună strategie ar fi să consumi în primele săptămâni produsele perisabile, apoi să treci la paste uscate, orez şi tuberculii mai rezistenţi, pentru ca în cele din urmă să recurgi la conserve. Presupunând că ai grijă să respecţi o alimentaţie echilibrată, cu aportul necesar de vitamine şi de fibre (aici te va ajuta raftul cu suplimente alimentare), corpul va avea nevoie de 2–3000 de calorii pe zi, în funcţie de mărime, sex şi nivelul de activitate. Un singur supermarket de mărime medie ar trebui să te poată susţine vreme de 55–63 de ani, dacă mănânci şi conservele pentru câini şi pisici.

Păstrând proporţiile, acest calcul poate fi adaptat în funcţie de populaţia supravieţuitoare: de la un singur supravieţuitor cu un supermarket la dispoziţie până la

toţi cei care au trecut cu bine peste cataclism şi care au acces la rezervele unei întregi naţiuni, de la magazinele de cartier până la enormele depozite de unde se face distribuţia de alimente. Departamentul pentru Mediu, Alimentaţie şi Afaceri Rurale din Marea Britanie a estimat în 2010 că există un stoc naţional de rezervă compus din alimente neperisabile (produse necongelate precum orezul, pastele uscate şi conservele) care ar ajunge întregii populaţii vreme de 11,8 zile. În cazul unei prăbuşiri demografice apocaliptice, o comunitate supravieţuitoare de circa zece mii de persoane s-ar putea folosi de această rezervă vreme de cincizeci de ani. Prin urmare, o comunitate suficient de mare pentru a reporni cu rapiditate civilizaţia tehnologică ar trebui să aibă un răgaz suficient pentru a relansa agricultura şi pentru a-şi cultiva propriile alimente.

Combustibilul

Combustibilul este un alt produs esenţial al vieţii moderne şi va avea un rol crucial pentru transport, agricultură şi funcţionarea generatoarelor electrice în timpul reconstrucţiei civilizaţiei. Populaţia supravieţuitoare va avea la dispoziţie rezerve uriaşe de benzină şi motorină. Rezervoarele de carburant ale

celor aproape treizeci de milioane de autoturisme din Marea Britanie – plus motocicletele, autobuzele şi camioanele – reprezintă depozite răspândite peste tot, care pot fi accesate imediat. Benzina maşinilor abandonate poate fi adunată aspirând-o din rezervor sau pur şi simplu găurind rezervorul cu o şurubelniţă şi lăsând-o să curgă într-un alt recipient. Bazinele subterane ale benzinăriilor deţin şi ele o rezervă importantă. Fără energie electrică, pompele nu vor funcţiona, dar nu va dura mult improvizarea unei pompe manuale cu o ţeavă de cinci metri pentru golirea lor. Fiecare benzinărie deţine de obicei un rezervor subteran de combustibil de circa 120.000 de litri, suficient pentru ca o maşină de familie obişnuită să poată parcurge pe drumurile postapocaliptice peste 1,5 milioane de kilometri.

Problema centrală este cât de bine rezistă acest combustibil. Motorina este mai stabilă decât benzina, dar nu este nevoie decât de un an pentru ca reacţia ei cu oxigenul să conducă la formarea unui sediment lipicios care înfundă filtrele motoarelor, în vreme ce acumularea de apă din condensare va permite dezvoltarea microbiană. Dacă este bine protejat şi filtrat înainte de folosire, combustibilul depozitat poate fi bun şi după un deceniu, înainte de a fi nevoie să descoperi modalităţi de a-l reprocesa pentru a-l utiliza în

continuare.

Vehiculele care folosesc carburanţii respectivi vor putea fi menţinute în mişcare pe măsură ce le cedează componentele fie luând piese de schimb de la alte maşini, fie improvizând. Cuba oferă un foarte bun exemplu contemporan pentru acest lucru. Embargoul impus de SUA în 1962 a izolat brusc ţara de importul de tehnologie şi piese de maşini din America. Multe dintre autoturismele care circulă pe străzi şi astăzi sunt modele clasice, poreclite *Yank Tanks,* şi datează din perioada preembargou. Singurul motiv pentru care încă mai funcţionează după cincizeci de ani este ingeniozitatea mecanicilor cubanezi, care improvizează soluţii pline de imaginaţie ca să le repare sau adună piese de schimb de la alte maşini „dezmembrate". Aceşti mecanici sunt nevoiţi să devină tot mai ingenioşi pe măsură ce sursa de piese de schimb funcţionale scade constant Improvizaţia este un model care se va repeta cu siguranţă pe scară largă în timpul perioadei de graţie de după prăbuşirea civilizaţiei.

În timp ce stocurile de carburant şi piesele de schimb refolosite vor reuşi să ţină în mişcare pentru o vreme maşinile, avioanele şi ambarcaţiunile, sistemele moderne de navigaţie prin GPS, pe care am început să ne bazăm atât de mult, vor începe să nu mai funcţioneze corect surprinzător de rapid, după ce

sateliţii nu vor mai putea comunica în mod regulat cu centrul lor de comandă. Precizia lor geografică va scădea cu circa jumătate de kilometru în doar două săptămâni după cataclism, cu circa zece kilometri după şase luni, iar în câţiva ani sistemul va deveni complet inutil, pentru că sateliţii îşi vor părăsi orbitele precis calculate.

Medicamentele

Resursele medicale vor constitui o altă prioritate în urma unei catastrofe mondiale. Asigurarea accesului la anumite categorii de medicamente cum sunt analgezicele, antiinflamatoarele, antidiareicele şi antibioticele vă va ajuta pe tine şi pe tovarăşii tăi să vă simţiţi bine şi să rămâneţi sănătoşi. Clinicile, farmaciile şi spitalele pustii nu sunt singurele locuri în care poţi găsi medicamente vitale – ai putea căuta şi în magazinele pentru animale sau în cabinetele veterinare. Antibioticele comercializate pentru animalele domestice, inclusiv pentru peştii de acvariu, sunt identice cu cele pentru oameni şi n-ar trebui neglijate.

Există şi unele produse cotidiene ce pot fi adaptate utilizării medicale. Una dintre primele utilizări ale lipiciului instant (adeziv cianoacrilat) s-a petrecut în

timpul Războiului din Vietnam, pentru închiderea rapidă a rănilor soldaţilor americani. Această utilizare ar putea deveni din nou foarte importantă în perioada postapocaliptică pentru prevenirea unor infecţii care riscă să pună viaţa în pericol, dacă nu există acces la ace şi fire de suturăsterilizate. Mai întâi se spală rana cu grijă şi se curăţă cu un antiseptic, eventual cu etanol purificat pe care îl distilezi singur (vezi Capitolul 4). Apropie apoi marginile rănii şi aplică adeziv pentru a o ţine închisă.

Principalul motiv de îngrijorare este însă data expirării rezervei de medicamente. La începutul anilor '8o, Departamentul Apărării din SUA a descoperit că deţinea medicamente în valoare de un miliard de dolari care mai aveau puţin şi expirau. Din acest motiv, a cerut Agenţiei Federale pentru Alimente şi Medicamente să testeze peste o sută de medicamente diferite şi să vadă cât timp îşi păstrau eficienţa. În mod uimitor, circa 90% dintre medicamentele testate au acţionat eficient şi după presupusa dată a expirării, iar în multe cazuri rezistenţa lor a fost mult mai lungă. Antibioticul ciprofloxacin continuă să fie bun şi după un deceniu. Un studiu mai recent a dovedit că două antivirale, amantadina şi rimantadina, au rămas stabile după douăzeci şi cinci de ani de depozitare, iar comprimatele de teofilină, prescrise pentru astm sau

boală pulmonară obstructivă cronică, au arătat o stabilitate de 90% la peste trei decenii după data expirării. La nivel global, se estimează că majoritatea medicamentelor vor fi în mare măsură eficiente mai mulţi ani după data de expirare menţionată de compania farmaceutică, chiar dacă ambalajul sigilat a fost deschis. Iar cu foliile moderne de medicamente, care protejează individual fiecare pastilă de degradarea provocată de umezeală şi de oxidarea produsă în contactul cu aerul, rezistenţa lor poate fi substanţial mai lungă. Aşadar, în cazul în care te vei confrunta cu o infecţie capabilă să îţi ameninţe viaţa, aproape sigur vei risca să iei chiar şi antibiotice expirate de mult timp. Cu toate că efectul farmaceutic va slăbi odată cu degradarea substanţei active din pastile, nu există vreun risc major să îţi facă rău.

De ce ar trebui să părăseşti mediul urban

Ai putea crede că cea mai mare problemă a unui oraş sunt ceilalţi oameni: roiuri dense de indivizi care se înghesuie pe străzi sau se îngrămădesc în metrou, într-un zgomot asurzitor de claxoane şi sirene. După o depopulare catastrofală, liniştea metropolei pustii va părea la început sinistră, dar s-ar putea să devină foarte plăcută. Deşi oraşele moarte vor reprezenta resurse

fenomenale pentru adunat materiale necesare reconstrucţiei, este greu de crezut că vei putea continua să locuieşti în ele.

Imediat după dezastru, problema majoră a zonelor urbane va fi numărul uriaş de cadavre ale celor care au murit în catastrofă. Fără un serviciu organizat care să le adune şi să le elimine în mod igienic, nu numai că mirosul de putreziciune va fi insuportabil în primele luni, dar descompunerea lor va reprezenta un risc imens pentru sănătate. La fel ca în cazul oricărei alte calamităţi, bolile transmise prin intermediul rezervei contaminate de apă vor crea multe probleme.

Dar, după vreun an în care te vei învârti în zona rurală şi vei căuta alţi supravieţuitori, de ce să nu te întorci în oraş pentru a profita de facilităţile lui? Problema este că, odată cu prăbuşirea civilizaţiei, somptuoşii zgârie-nori ai oraşelor moderne şi chiar blocurile de apartamente de înălţime medie vor deveni practic nelocuibile: aceste clădiri funcţionează numai susţinute de o infrastructură modernă. Fără reţea electrică sau de aprovizionare cu gaz care să pună în mişcare aparatele de aer condiţionat sau sistemul de încălzire, atmosfera din interior va deveni insuportabilă şi greu de controlat. După ce apa din conducte îşi va pierde presiunea, vei fi nevoit să găseşti o sursă de ape subterane tocmai în oraş şi să cari zilnic

zeci de litri înapoi în apartament – lucru pe care îl vei face pe scări, pentru că nu va fi curent electric care să permită funcţionarea lifturilor. Cu destulă perseverenţă, vei putea depăşi multe dintre aceste inconveniente: folosind, de exemplu, cel puţin pentru o vreme, o reţea de generatoare pe motorină care să acţioneze lifturile, unităţile de aer condiţionat şi pompele de apă. S-ar putea să cochetezi chiar cu fantezia de a te muta într-un penthouse de lux, de unde să vezi în tihnă întreg oraşul prin pereţi de sticlă şi să obţii tot ce îţi trebuie de mâncare din culturi de subzistenţă făcute pe acoperiş. Totuşi, un model mai plauzibil pentru traiul citadin postapocaliptic ar fi să te muţi imediat într-un parc din apropiere, să ari gazonul şi să cultivi grâne.

Când bula tehnologică care le susţine se va sparge, unele oraşe vor deveni rapid nelocuibile. Locuri ca Los Angeles sau Las Vegas au fost construite necorespunzător, în zone foarte aride sau chiar deşertice, şi se vor „usca” rapid imediat ce apeductele care le alimentează de la distanţă nu vor mai fi întreţinute. Pe de altă parte, oraşul Washington se va confrunta cu problema opusă, întrucât a fost construit pe o fostă mlaştină, care, în lipsa drenajului, se va întoarce curând la starea iniţială.

Eu sunt însă de părere că va fi mult mai uşor să

părăseşti definitiv mediul urban şi să te muţi într-un loc mai potrivit: o zonă rurală cu teren cultivabil fertil şi clădiri vechi, mai potrivite pentru traiul deconectat de la reţeaua electrică. Genul de loc bun pentru a te stabili ar fi aproape de coastă – să îţi permită accesul la pescuitul marin şi la o pădure apropiată –, dar trebuie să ţii cont de creşterea inevitabilă a nivelului mării din cauza încălzirii climatice neîntrerupte. După cum vom vedea în continuare, copacii au un număr enorm de utilizări, nu doar ca lemn de foc sau pentru construcţii. Dintr-un astfel de loc, vei putea trimite în oraşele moarte expediţii de căutare a hranei şi echipe care să adune ce mai poate fi folosit, descoperind că este mult mai uşor să trăieşti în provincie. Imediat după ce te vei stabili într-un loc nou, vei dori să readuci la viaţă cât mai curând cu putinţă infrastructura tehnologică de bază, începând cu crearea unei reţele locale de electricitate.

Electricitate din afara reţelei

Spre deosebire de hrană şi combustibil, energia electrică nu poate fi stocată în cantităţi mari: ea este furnizată în flux continuu şi, după ce reţeaua generală se va prăbuşi, va dispărea în câteva zile. Comunitatea de supravieţuitori va avea nevoie să-şi producă propria

electricitate şi putem învăţa foarte mult despre ce este nevoie într-o astfel de situaţie uitându-ne la cei care au ales să trăiască încă de acum fără acces la reţeaua generală de electricitate.

Cea mai simplă soluţie pe termen scurt este să aduni generatoare mobile cu motor diesel de pe şantiere. Poţi de asemenea să te racordezi la turbinele eoliene răspândite pe dealuri, păstrând aşadar funcţională reţeaua de energie regenerabilă pentru situaţiile când se termină combustibilul. O singură astfel de turbină poate produce un megawatt de electricitate, cantitate suficientă de energie pentru circa o mie de case moderne, numai că va avea nevoie la un moment dat de o întreţinere imposibil de efectuat fără echipamente specializate şi piese de schimb precise.

Supravieţuitorii care se pricep la mecanică n-ar trebui să aibă dificultăţi prea mari în a-şi asambla turbine rudimentare din materialele recuperate. Foi subţiri de tablă pot fi tăiate şi îndoite ca elicele unui ventilator mare, montate pe butucul unei roţi. În felul acesta, lanţul şi mecanismul de schimbare a vitezelor unei biciclete va permite transferarea forţei de torsiune.

Pasul principal îl reprezintă transformarea forţei de torsiune în energie electrică, iar pentru asta vei dori să recuperezi un generator potrivit gata făcut. Există o versiune compactă şi atât de la îndemână, încât poţi fi

iertat dacă nu te-ai gândit la ea. În acest moment, pe planetă sunt circa un miliard de vehicule cu motor – iar America are cel mai mare număr, cam un sfert din total – şi fiecare dintre ele are un alternator care se poate recupera. Este vorba despre un mecanism ingenios. Este suficient să-i roteşti axul şi va scoate la borne un curent stabil de 12 volţi, indiferent de viteza de rotaţie, ceea ce îl face perfect pentru reutilizarea pe post de minigenerator de curent electric în perioada postapocaliptică. Variante şi mai simple ar fi motoarele cu magneţi permanenţi, cum sunt cele ale bormaşinilor fără fir sau ale benzilor de alergare din sălile de sport. Dacă roteşti energic axul unui astfel de motor, acesta va reacţiona generând în borne curent electric, numai că de această dată puterea va varia în funcţie de viteza de rotire.

Panourile solare pot fi şi ele recuperate. Dar, spre deosebire de un generator diesel sau de o turbină acţionată de vânt, ele nu au componente mobile, deci vor supravieţui remarcabil de mult fără întreţinere. Însă panourile se deteriorează în timp din cauza umezelii, care pătrunde prin izolaţie, sau a luminii solare, care degradează straturile de siliciu de înaltă puritate. Cantitatea de energie electrică generată de un panou solar scade cam cu un procent în fiecare an, deci ele vor deveni inutile la capătul a două sau trei

generaţii de supravieţuitori.

Următoarea problemă o reprezintă stocarea energiei electrice astfel generate. De fapt, unul dintre primele locuri spre care ar trebui să te îndrepţi după apocalips este un teren de golf, nu ca să te relaxezi în urma neliniştii produse de venirea sfârşitului lumii, ci ca să obţii o resursă deosebit de importantă.

Bateriile de maşină sunt extrem de fiabile, dar sunt proiectate să elibereze o descărcare electrică puternică de scurtă durată, ce pune în mişcare demarorul. Din acest motiv, nu sunt potrivite să furnizeze energia electrică constantă de care ai nevoie pentru noul mod de viaţă nealimentat de reţeaua publică de electricitate. În plus, se strică foarte uşor dacă sunt lăsate mai mult timp descărcate sub 5% din puterea lor.

Există o alternativă la bateriile plumb-acid, cunoscută sub numele de baterie cu ciclu profund, care se descarcă mult mai lent, i se poate folosi aproape toată energia înmagazinată şi poate fi încărcată în mod repetat fără probleme. Acesta este genul de baterie pe care vei dori s-o recuperezi imediat după dezastru din rămăşiţele civilizaţiei. Caut o în rulote sau în vehicule recreaţionale motorizate, în scaune cu rotile motorizate, în motostivuitoarele electrice şi în maşinuţele de golf. Curentul continuu de la aceste baterii poate alimenta diverse aparate electrocasnice, precum frigidere mici şi

lămpi, însă ai nevoie şi de un dispozitiv numit convertizor de frecvenţă, care va transforma curentul continuu în curent alternativ de 240 de volţi, necesar altor dispozitive electrice.

Astfel de sisteme de producere şi de stocare a energiei electrice sunt folosite în zilele noastre de comunităţile nebranşate la reţelele electrice publice sau de către cei care se pregătesc să supravieţuiască prăbuşirii civilizaţiei. În istoria recentă există însă destule exemple convingătoare de ingeniozitate tehnică prin care anumite comunităţi urbane s-au alimentat cu electricitate în perioade vitrege. De exemplu, în timpul războiului din Bosnia de la mijlocul anilor '90, oraşul Goražde a fost înconjurat de armata sârbă şi ţinut sub asediu vreme de trei ani, fiind silit astfel să se descurce cu resurse proprii. Aprovizionarea cu hrană s-a făcut de către forţele ONU prin intermediul avioanelor, dar aproape toată infrastructura modernă a fost distrusă şi locuitorii au fost decuplaţi de la reţeaua publică de electricitate. Ca să obţină curent electric, cetăţenii din Goražde şi-au construit generatoare electrice improvizate: platforme care pluteau pe Drina, legate de podurile din oraş şi echipate cu roţi hidraulice cu zbaturi, care învârteau alternatoare recuperate de la automobile. Aceste platforme aminteau în mod ciudat de morile instalate pe ambarcaţiuni din oraşele Europei

medievale, legate şi ele de poduri în mijlocul celor mai puternici curenţi ai râurilor, numai că inovaţiile contemporane furnizau pe mal energie electrică transmisă prin cabluri suspendate, nu făină.

Lucruri folositoare din oraşe

Am urmărit până acum în ce fel rămăşiţele civilizaţiei noastre vor amortiza declinul societăţii supravieţuitoare, oferind o rezervă de bunuri precum alimente, combustibil şi componente de genul alternatoarelor sau bateriilor, care pot fi folosite pentru a improviza generatoare de energie electrică postapocaliptice. Dar oraşele moarte pot furniza şi materiile prime necesare pentru reconstrucţie.

Unele materiale esenţiale, precum sticla şi numeroase metale, sunt uşor de reciclat. Chiar dacă anumite componente metalice au ruginit după o perioadă mai lungă de timp, metalul este încă acolo: nu trebuie decât să fie separat de elementele care s-au legat de el, mai ales oxigenul. O grindă de oţel foarte ruginită este, de fapt, un minereu foarte bogat în fier, care poate fi transformat din nou în metal pur recurgând la aceleaşi tehnici utilizate în istorie pentru extragerea acestui metal din minereuri de fier, aşa cum vom vedea ulterior (vezi Capitolul 6).

Masele plastice se sintetizează pe baza unei chimii organice sofisticate (şi a unor materii prime derivate din petrol), aşa că în primele stadii ale repornirii civilizaţiei vor fi obţinute doar reciclându-le pe cele deja existente. Masele plastice se împart în două categorii, în funcţie de structura lor moleculară şi a modului în care reacţionează la căldură: mase plastice termorigide şi mase plastice termoplastice. Masele plastice termorigide sunt foarte greu sau imposibil de reciclat: expuse la căldură, se descompun într-un amestec de compuşi organici, majoritatea foarte nocivi. Termoplasticele însă, după ce sunt curăţate, pot fi topite şi remodelate în produse noi. Termoplasticul cel mai uşor de reciclat este polietilena tereftalată (PET). Modul cel mai simplu de a afla din ce tip de mase plastice fac parte obiectele pe care le aduni este să verifici codul de reciclare imprimat pe ele. PET-ul este reprezentat prin cifra 1 – sticlele de plastic pentru băuturi sunt, de exemplu, aproape exclusiv alcătuite din PET –, dar poţi avea un oarecare succes şi reciclând polietilena de înaltă densitate HDPE, reprezentată prin

cifra 2, sau policlorura de vinil PVC, reprezentată prin cifra 3.

Cu toate acestea, în timp ce sticla poate fi topită şi remodelată de nenumărate ori, calitatea produselor din mase plastice se degradează prin expunerea la soare şi la oxigenul din aer, iar plasticul devine mai slab şi mai sfărâmicios odată cu fiecare reciclare[9]. Prin urmare, o societate postapocaliptică va putea folosi resturile de metal şi de sticlă, dar epoca de aur a maselor plastice se va sfârşi, cel puţin până în momentul în care se va redobândi suficientă pricepere în materie de chimie.

Odată cu prăbuşirea civilizaţiei şi cu oprirea reţelelor de comunicaţii la mare distanţă şi a transportului aerian, satul global se va transforma din nou într-o multitudine de sătucuri izolate. Internetul, în ciuda faptului că a fost proiectat încă de la început ca o reţea digitală capabilă să supravieţuiască unui atac nuclear şi pierderii multora dintre nodurile sale, nu va avea o soartă mai bună decât alte tehnologii moderne

---

[9] Ambalajele şi articolele modeme sunt rareori confecţionate dintr-un singur tip de mase plastice. De exemplu, un tub de pastă de dinţi este compus din cinci straturi extrudate simultan: polietilenă liniară de joasă densitate, polietilenă modificată de joasă densitate, etilen vinii de alcool, polietilenă modificată de joasă densitate şi, în cele din urmă, polietilenă liniară de joasă densitate. Acest lucru face ca masele plastice din majoritatea produselor să fie irecuperabile, aşa că nu merită adunate decât obiectele simple, cum ar fi sticlele transparente din PET.

dependente de reţelele electrice. La fel şi telefoanele mobile, care vor rezista doar câteva zile după dispariţia reţelei electrice şi după ce generatoarele de rezervă ale centrelor informatice şi ale antenelor radio vor rămâne fără combustibil. Unele tehnologii marginale sau vechi vor căpăta dintr-odată o nouă importanţă. Unul dintre primele lucruri pe care le vei căuta în resturile civilizaţiei defuncte vor fi demodatele staţii de emisie-recepţie, cu ajutorul cărora poţi rămâne în contact cu ceilalţi membri ai grupului tău atunci când vă împrăştiaţi în căutare de resurse utile. Pentru comunicarea pe rază mare şi în încercarea de a intra în contact cu alte grupuri îndepărtate de supravieţuitori, vor fi foarte folositoare staţiile de radioamatori.

Dar cea mai valoroasă resursă care trebuie adunată din timp este cunoaşterea. Cărţile s-ar putea să fi fost distruse de incendiile care au pârjolit oraşele mari şi mici, să fi devenit ilizibile ca urmare a inundaţiilor sau să fi putrezit pur şi simplu pe rafturi din cauza umezelii şi a ploii pătrunse prin ferestrele sparte. Deşi mult mai numeroase, scrierile tipărite pe hârtie ale civilizaţiei noastre sunt consemnări mai puţin rezistente decât tăbliţele de lut, sulurile de papirus dur sau pergamentul culturilor timpurii. În cazul în care conţinutul bibliotecilor este încă intact atunci când populaţia supravieţuitoare începe reconstrucţia, aceste

resurse fabuloase pot fi exploatate pentru obţinerea de cunoştinţe. De exemplu, multe dintre titlurile trecute în bibliografia acestei cărţi oferă detalii despre anumite deprinderi practice esenţiale sau despre procesele necesare construirii unei civilizaţii, şi vor merita să fie căutate. Merită căutate şi locurile unde sunt depozitate tehnologii mai vechi – muzee de ştiinţă şi istorie a industriei, de pildă –, pentru a procura obiecte precum războiul de ţesut sau motorul cu abur, ce ar putea fi studiate şi adaptate la realitatea unei lumi postapocaliptice.

O priveliştе ce are toate şansele să devină obişnuită în timpul revenirii civilizaţiei va fi dezvoltarea unor aşezări de supravieţuitori răspândite în mediul rural. Ele nu vor fi dispuse întâmplător, ci aranjate ca nişte inele în jurul marilor oraşe moarte, încercuind miezul compus din clădirile înalte distruse şi alte infrastructuri urbane. Numai echipele specializate de căutători se vor aventura în zonele nelocuite, răscolind printre rămăşiţele oraşelor defuncte, scormonind după materialele cele mai folositoare, poate folosind chiar explozibili artizanali ca să demoleze clădiri şi lămpi cu acetilenă improvizate ca să separe componentele metalice. Captura valoroasă va fi apoi transformată în unelte, pluguri sau alte lucruri necesare unui trai civilizat.

Una dintre primele provocări va fi repornirea agriculturii. Vor exista din belşug clădiri pustii care să ofere adăpost şi rezervoare subterane de combustibil care să alimenteze generatoarele electrice, dar toate acestea nu vor avea nicio valoare dacă mori de foame.

Agricultura

„Am făcut vertiginos primii paşi într-o nouă lume. Într-adevăr, avem la dispoziţie suficient capital cât să nu ne îngrijorăm pentru o perioadă, însă toate acele lucruri nu vor ţine o veşnicie. [...] În curând va trebui să învăţăm să arăm cu plugul, să topim fierul şi să-l transformăm în lame pentru plug. [...] Instrumentul cel mai valoros aflat la îndemâna noastră îl reprezintă cunoaşterea deja acumulată. Astfel, încă de la început, suntem scutiţi să mai trecem prin dificultăţile cu care s-au confruntat strămoşii noştri."[10]

John Wyndham, *Ziua trifidelor*

Urgenţa cu care vom fi nevoiţi să repornim agricultura depinde în întregime de numărul persoanelor care au supravieţuit evenimentului ce a

---

[10] John Wyndham, *Ziua trifidelor,* trad. de Sorin Voinea, Editura Leda, Bucureşti, 2005, pp. 306-307. (N. red.).

grăbit prăbuşirea societăţii. În cadrul experimentului nostru mental, vom presupune că ai timp să te organizezi înainte să se epuizeze rezervele de alimente. Asta îţi va oferi răgaz să te acomodezi cu noua situaţie, să cauţi un teren potrivit unde să te instalezi şi să înveţi treptat din propriile greşeli înainte ca obţinerea unei recolte bune să devină o problemă de viaţă şi de moarte.

După Cădere, va trebui să te mişti rapid pentru a recupera şi conserva cât mai multe plante de cultură. Fiecare sămânţă modernă reprezintă mii de ani de cultivare selectivă sârguincioasă, iar, dacă pierzi speciile domestice de plante, nu vei mai putea scurta timpul necesar reconstruirii civilizaţiei. În cursul domesticirii lor, specii precum grâul şi porumbul au fost cultivate în scopul maximizării valorii nutritive, iar astăzi au ajuns foarte puţin adaptate să trăiască fără ajutorul nostru Multe specii vor fi rapid eliminate de plantele sălbatice, care vor profita de ocazia de a recuceri câmpurile abandonate.

Terenurile agricole abandonate şi năpădite de buruieni sau grădinile caselor sunt locuri excelente unde să cauţi plante comestibile care au supravieţuit. Specii ca rubarba, cartoful sau anghinarea s-ar putea să se înmulţească singure vreme îndelungată după ce terenul a fost părăsit. Însă cerealele reprezintă

elementul de bază al regimului nostru alimentar, iar, dacă nu pierzi din vedere acest lucru, ai putea organiza imediat expediţii de adunat seminţe înainte ca plantele să moară şi să putrezească pe câmp. Sau ai putea avea norocul să strângi din hambare abandonate saci cu boabe de grâu, care vor rămâne fertile mulţi ani.

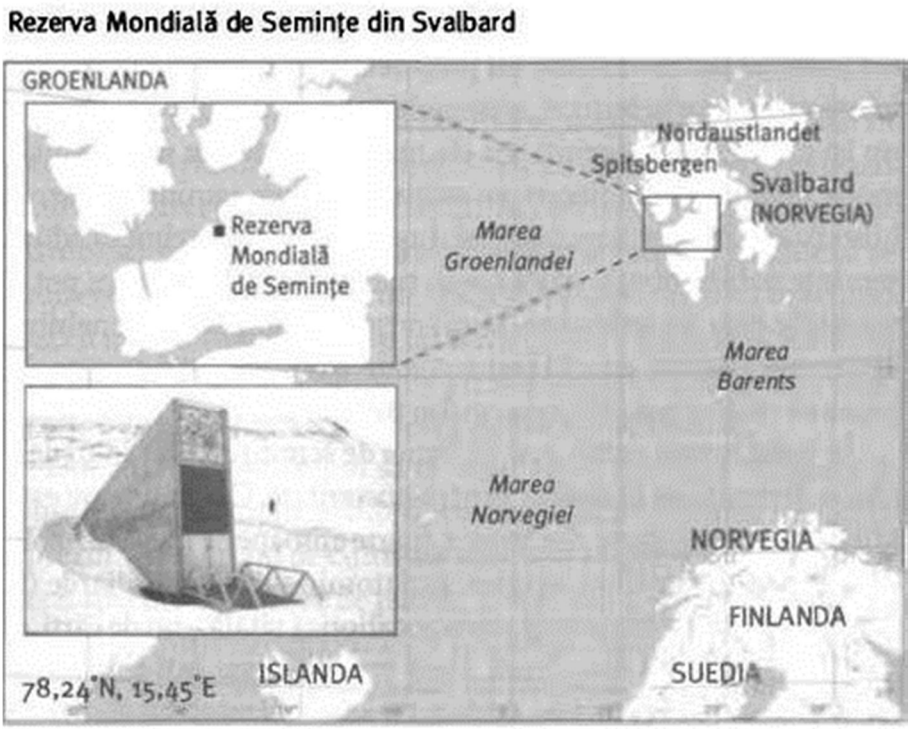
Problema principală este însă aceea că majoritatea plantelor cultivate de agricultura modernă sunt hibride: adică sunt produse prin încrucişarea a două specii care au caracteristicile necesare pentru a obţine un descendent cu proprietăţi omogene şi randament foarte mare. Din nefericire, seminţele produse de culturile hibride nu îşi păstrează omogenitatea: ele nu se reproduc în mod identic, motiv pentru care în fiecare an trebuie plantate seminţe proaspăt hibridizate. Prin urmare, imediat după dezastru va trebui să aduni seminţe nehibridizate, adică specii tradiţionale de plante ce pot fi refolosite de la un an la altul. Mulţi *prepperi* strâng seminţe nehibridizate exact pentru această eventualitate, dar unde pot fi căutate ele, în caz că nu ţi-ai pregătit rezerve din timp?

În toată lumea există sute de bănci de seminţe, ce au rolul de a păstra diversitatea biologică pentru posteritate. Cea mai mare este Millennium Seed Bank din Sussex, foarte aproape de Londra. Acolo sunt depozitate într-un adăpost antiatomic subteran

miliarde de seminţe, şi oferă o bibliotecă postapocaliptică vitală – nu de cărţi, ci de soiuri de plante de cultură. Dacă sunt păstrate într-un mediu răcoros şi uscat, seminţele multor tipuri de plante rămân fertile vreme de decenii, iar printre ele se numără cerealele, mazărea şi alte leguminoase, cartoful, vânăta şi roşia. Însă chiar şi aceste seminţe mor după o vreme, aşa că trebuie să fie cultivate pentru a produce seminţe proaspete, în vederea prelungirii rezervei.

Temperaturile scăzute extind perioada de viaţă a seminţelor, astfel încât, probabil, resursa agricolă cea mai de nădejde, menită să reziste multă vreme după prăbuşirea civilizaţiei este Rezerva Mondială de Seminţe din Svalbard. Acest depozit a fost săpat la 125 de metri adâncime, la poalele unui munte din insula norvegiană Spitsbergen. Pereţii din beton armat groşi de un metru, uşile rezistente la explozii şi închiderea ermetică vor proteja materialul biologic din interior chiar şi faţă de cel mai crâncen cataclism global. În cazul întreruperii curentului electric, permafrostul în care acest depozit este îngropat (se situează mult dincolo de cercul polar arctic) va menţine în mod natural o temperatură negativă, care va permite conservarea seminţelor pe termen lung. Seminţele de grâu şi de orz vor putea supravieţui chiar şi peste un

mileniu.



Harta cu latitudinea și longitudinea la care se află Rezerva Mondială de Semințe din Svalbard.

Principii ale agriculturii

Întrebarea crucială la care va trebui să răspunzi este următoarea: cum voi putea folosi un teren noroios pentru a obţine dintr-o mână de seminţe mâncare înainte de sosirea iernii?

Poate ţi se pare la mintea cocoşului: seminţele germinează în mod natural, iar plantele au crescut

bine-mersi milioane de ani înainte de apariţia omului. Asta nu înseamnă însă că agricultura este uşoară. Deşi plantele cresc de unele singure, agricultura rămâne o activitate în mare parte artificială. Obiectivul tău este să cultivi o anumită specie de plante în regim de monocultură, adică să obţii o recoltă necontaminată şi uniformă prin excluderea tuturor celorlalte plante. (Orice alte plante care încep să crească pe terenul respectiv sunt, prin definiţie, buruieni şi se luptă pentru lumină solară, apă şi substanţe nutritive din sol cu planta pe care vrei s-o cultivi.) Vei încerca, de asemenea, să optimizezi densitatea plantelor din cultură astfel încât să obţii rezultate cât mai bune pe acelaşi teren şi să reduci cât mai mult efortul şi energia necesare pentru a cultiva suprafeţe mai mari. Dar trebuie să fereşti acest produs preţios de insecte sau de alţi dăunători şi de bolile fungice, care proliferează în astfel de condiţii ideale (în acelaşi fel în care marile oraşe sunt terenuri perfecte de înmulţire a agenţilor patogeni umani). Aceşti doi factori sunt mărturia faptului că un câmp cultivat este un mediu foarte artificial şi că natura îl respinge constant. Este nevoie de mult efort pentru asigurarea echilibrului unui mediu atât de instabil.

Însă agricultura presupune o provocare şi mai complicată. De exemplu, într-un ecosistem natural, o

pădure, copacii şi tufărişul cresc luând energie din lumina solară, absorbind carbon din aer şi extrăgând prin intermediul rădăcinilor diverse substanţe nutritive minerale din sol. Aceste substanţe vitale sunt încorporate în frunzele, tulpinile şi rădăcinile plantelor, pentru a deveni apoi parte din corpul animalelor care le mănâncă. După ce animalul respectiv excretează sau moare şi se descompune, aceste elemente nutritive sunt absorbite pur şi simplu de solul din care au provenit. Prin urmare, un ecosistem natural poate fi considerat un ciclu economic echilibrat de elemente care se transferă la nesfârşit între diferiţi beneficiari. Dar natura unui teren agricol este fundamental diferită: scopul acestuia este creşterea plantelor pentru consumul uman. Chiar dacă cea mai mare parte a resturilor vegetale s-ar împrăştia înapoi pe câmp, tot ar lipsi porţiunea care a fost mâncată, iar terenul s-ar epuiza în câţiva ani. Aşadar, însăşi natura agriculturii presupune extragerea progresivă din pământ a mineralelor nutritive pe care le conţine, provocând pierderea vitalităţii solului. Cum în sistemul modern de canalizare deşeurile pe care le producem sunt tratate astfel încât bacteriile dăunătoare să fie distruse, iar reziduurile să poată fi deversate în râuri sau mări, agricultura de azi devine o modalitate eficientă prin care substanţele nutritive sunt smulse din pământ ca să

fie apoi aruncate în ocean. Asemenea corpului uman, vegetaţia are nevoie de o alimentaţie echilibrată, iar cele trei elemente de bază pentru alimentaţia plantelor sunt azotul, fosforul şi potasiul. Fosforul este esenţial pentru transferul de energie, potasiul ajută la reducerea pierderii de apă, dar elementul care limitează cel mai mult o recoltă este azotul, folosit de plante la construcţia tuturor proteinelor. Dacă nu eşti extraordinar de norocos, cum au fost vechii egipteni din Valea Nilului, fluviu ale cărui inundaţii anuale revitalizau terenul cu aluviuni fertile, trebuie să iei măsuri pentru a reechilibra acest bilanţ structural deficitar.

Agricultura modernă industrializată are un succes uimitor: fiecare hectar produce astăzi de două până la patru ori mai multă hrană decât producea acum o sută de ani. Dar singurul mod în care pot funcţiona fermele de azi – care cultivă monoculturi intensive pe acelaşi teren şi reuşesc totuşi să producă recolte mari ani în şir – este să împrăştie erbicide şi pesticide puternice, care controlează ecosistemul cu mână de fier, şi să folosească din plin îngrăşămintele chimice. Compuşii bogaţi în azot pe care îi furnizează aceste îngrăşăminte artificiale sunt creaţi industrial prin procesul Haber-Bosch, la care vom reveni în Capitolul 11. Toate aceste erbicide, pesticide şi îngrăşăminte chimice sunt

sintetizate folosind combustibili fosili, cei care, de altminteri, pun în mişcare şi utilajele agricole. Se poate spune atunci că, într-un anumit sens, agricultura modernă este un proces care transformă petrolul în mâncare – cu puţină intervenţie din partea luminii solare – şi consumă în jur de zece calorii de energie fosilă pentru fiecare calorie de mâncare. După prăbuşirea civilizaţiei şi dispariţia industriei chimice avansate, vei fi nevoit să deprinzi metode agricole tradiţionale. Astăzi, producţia organică este apanajul bogăţiei; după catastrofa, va fi singura ta soluţie.

Vom reveni mai jos la menţinerea fertilităţii solului de-a lungul anilor. Să începem acum cu elementele de bază ale cultivării plantelor de la zero.

Ce este solul?

Ca agricultor, ai un control limitat asupra naturii: nu poţi hotărî cât de puternic va străluci soarele deasupra terenului tău; nu poţi schimba clima regiunii în care trăieşti şi nu poţi nici modifica ritmul anotimpurilor după bunul-plac, tot aşa cum nu poţi controla nici ploaia, deşi poţi regla umiditatea terenului alternând irigaţiile şi drenajul. Singurul lucru asupra căruia ai control este solul: îl poţi îmbogăţi chimic sau cu îngrăşăminte naturale, după cum tocmai am văzut, şi îl

poţi manevra fizic cu unelte precum plugul. Aşadar, din moment ce elementul de bază al agriculturii aflat sub controlul fermierului este solul, e necesar să-i înţelegi alcătuirea şi în ce fel contribuie la creşterea plantelor.

Toate civilizaţiile din istorie îşi datorează existenţa acestui strat subţire de sol fertil. Societăţile de vânători-culegători îşi pot susţine existenţa căutând hrana în păduri, dar oraşele şi civilizaţiile se bazează pe productivitatea uriaşă a culturilor de cereale: plante cu rădăcini mici, complet dependente de ce le furnizează solul fertil. La baza tuturor solurilor se află rocile dezintegrate care formează scoarţa terestră. Roca este atacată din punct de vedere fizic de curgerea apei, de eroziunea produsă de vânt şi de frecarea produsă de gheţari, iar din punct de vedere chimic este supusă acţiunii ploilor cu aciditate scăzută, care, în timp ce se varsă din nori, dizolvă o cantitate mică de dioxid de carbon. În funcţie de gradul de eroziune, rezultă pietrişuri, nisipuri şi argile. Aceste particule sunt ţinute laolaltă de humus: o matrice de materie organică care ajută la păstrarea umezelii şi a mineralelor şi conferă stratului superficial de sol o culoare închisă. Solurile conţin de obicei între 1 şi 10% humus, deşi turba se apropie de 100% materie organică. Însă lucrul cel mai important este că solurile găzduiesc o populaţie

enormă şi diversă de microbi, un ecosistem invizibil care procesează materia provenită din descompunere şi reciclează substanţele nutritive în folosul plantelor.

Principalul factor care determină natura unui sol şi tipul de cultură care i se potriveşte este proporţia particulelor de mărimi diferite: sol nisipos, aluvionar sau argilos. Compoziţia solului se verifică vizual. Umple cu sol o treime dintr-un borcan de sticlă (fără bulgări tari, tulpini sau frunze) şi acoperă-l cu apă până aproape de buza borcanului. Închide borcanul cu un capac şi agită-l viguros până când se desfac toţi bulgării şi amestecul se transformă într-o supă mâloasă. Lasă borcanul să stea neatins aproximativ o zi, până când suspensia se depune, iar apa de deasupra redevine aproape limpede. Granulele se vor sedimenta în straturi distincte, în ordinea mărimii particulelor, permiţându-ţi să le apreciezi proporţia în sol. Stratul de jos va fi cel de nisip cu granulaţie mare, cel mijlociu va fi format din nămol, iar stratul superior va fi cel din argilă fină.

Solul ideal pentru agricultură este cunoscut sub numele de sol lutos şi reprezintă un amestec de 40% nisip, 40% nămol şi 20% argilă. Un sol nisipos (cu nisip peste două treimi din compoziţia totală) se drenează bine, este potrivit pentru iernatul vitelor – pentru că nu se va transforma în mocirlă sub copitele lor –, dar

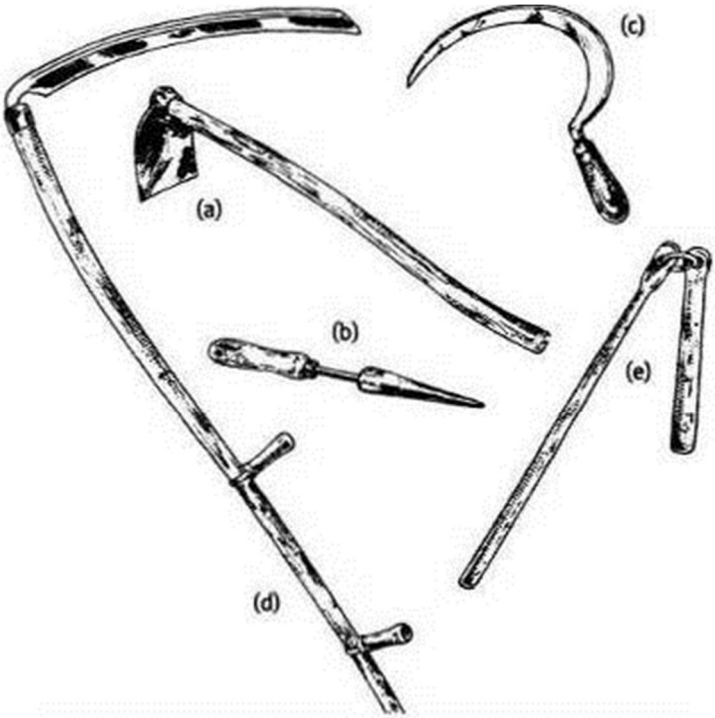
mineralele şi îngrăşămintele din el vor fi spălate uşor de apă, aşa că acest sol va necesita îngrăşământ suplimentar. Pe de altă parte, un sol puternic argilos (format din peste o treime din particule de argilă şi mai puţin de jumătate nisip) va fi greu de lucrat cu plugurile şi grapele şi va trebui udat mai des cu var pentru a păstra o bună structură sfărâmicioasă.

Grâul, fasolea, cartofii şi rapiţa se cultivă excelent în soluri argiloase bine îngrijite. Ovăzul creşte mai bine în soluri mai grele şi mai umede decât cele potrivite pentru grâu şi orz, aşa cum sunt solurile formate în Scoţia după eroziunea produsă de deplasarea gheţarilor în era glaciară. Istoric vorbind, ovăzul şi cartoful le-au permis oamenilor să aibă un randament mai ridicat şi să se stabilească în locuri unde nu creşteau alte culturi. Orzul preferă soluri mai uşoare decât grâul, iar secara va creşte în soluri mai sărace şi mai nisipoase decât alte cereale. Sfeclei de zahăr şi morcovilor le merge şi lor bine în solurile nisipoase. Din punct de vedere geografic, dacă vorbim în termeni largi, sudul Marii Britanii este mai potrivit pentru cultivarea cerealelor, în timp ce solul din nord este mai puţin folositor pentru agricultură şi se potriveşte mai bine creşterii animalelor.

Norocul de a găsi un sol fertil într-o regiune bine drenată reprezintă doar începutul repornirii

agriculturii. Pentru a da plantelor cultivate cea mai bună şansă de a creşte, pământul trebuie lucrat şi fizic. Numim cultivare a pământului orice efort mecanic ce are ca scop aerisirea unui sol dur, prevenirea creşterii buruienilor şi pregătirea unui strat arabil pentru sădirea seminţelor.

La o scară suficient de mică, te poţi descurca cu unelte rudimentare portabile. O săpăligă se va descurca de minune să fărâmiţeze stratul superficial de sol şi să-l amestece cu bălegar sau îngrăşământ vegetal (resturi vegetale putrezite) înainte de sezonul cultivării, sau să taie buruienile înainte de însămânţare ori la anumite intervale în timpul creşterii culturilor. Un ţăruş simplu pentru însămânţat poate fi folosit pentru a face găuri puţin adânci în pământ, stabilind spaţii distribuite la intervale regulate în care seminţele pot fi aruncate şi acoperite apoi cu piciorul. Este însă o muncă istovitoare, ce nu îţi va mai permite să faci altceva. Istoria agriculturii cuprinde milenii de proiectare şi îmbunătăţire a echipamentului agricol pentru a îndeplini cu o mai mare eficienţă toate aceste activităţi esenţiale şi pentru a mări productivitatea pământului, micşorând efortul cerut de muncă.

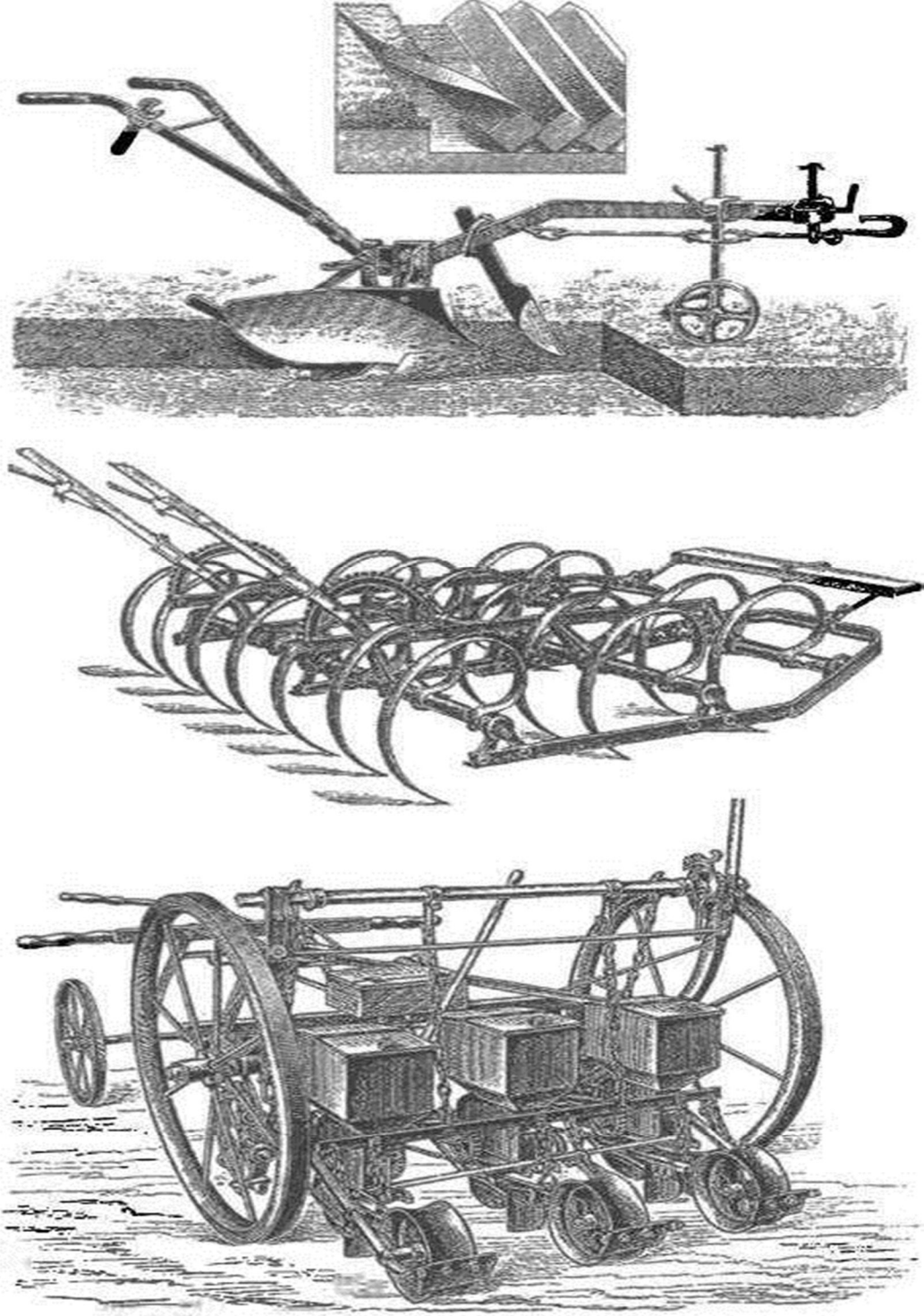


Unelte agricole de bază: săpăligă (a); plantator (b); seceră (c); coasă (d); îmblăciu (e).

Unealta reprezentativă a agriculturii este plugul, dar rolul lui s-a schimbat de la începutul cultivării pământului şi până acum. În solurile fertile şi uşor cultivabile din Mesopotamia, Egipt sau China, unde s-a dezvoltat iniţial agricultura, plugul primitiv nu era decât o bucată ascuţită de lemn, înfiptă în pământ sub un anumit unghi şi trasă prin sol de vite sau de oameni. Se urmărea trasarea unui şanţ puţin adânc în care să poată fi aruncate seminţele şi apoi acoperite cu uşurinţă. Dar majoritatea terenurilor arabile de pe planetă au nevoie de mai multă pregătire pentru a face

agricultura productivă. În zilele noastre, plugul are funcţia de a desprinde cu grijă stratul superior al solului de pe un câmp întreg şi de a-l întoarce pe cealaltă parte, fărâmiţându-l uşor. Principalul scop al acestui proces este controlul creşterii buruienilor. Înainte de semănarea culturii, plantele nedorite sunt astfel tăiate din rădăcină şi acoperite cu pământ Lipsite de lumina soarelui, ele se ofilesc şi mor, seminţele lor fiind îngropate prea adânc pentru a germina cu succes. Acest mod de a lucra pământul ajută şi la amestecul în sol a materiei organice şi a substanţelor nutritive (mai ales dacă aratul se face printr-un strat de bălegar), îmbunătăţeşte drenarea terenului, precum şi aerisirea lui, în beneficiul microbilor din sol.

Imediat după cataclism, cu puţin noroc, vei putea ara folosind tractoare abandonate şi combustibil pentru a le alimenta. Dar atunci când combustibilul se va termina sau lipsa pieselor de schimb va imobiliza tractorul, va trebui să revii la metode agricole mai puţin intensive. Şi nu va fi suficient să găseşti nişte boi pe care să îi înhami la plugurile moderne, deoarece



Echipament agricol: plug, grapă, semănătoare.
Plugul taie şi întoarce brazdele de pământ.

aceste dispozitive masive au nevoie de o forţă de tracţiune foarte mare pentru a fi puse în mişcare şi pentru a ara pământul. Dacă nu găseşti un plug tradiţional – căutând prin muzeele din oricare mare oraş pustiu va trebui să-l construieşti singur. S-ar putea să fii nevoit să aduni lame de la unul dintre plugurile moderne remorcate de tractoare şi să le montezi pe un singur cadru, dar, dacă şi aceste lame au ruginit rău, poţi construi un plug de lemn cu lamele placate cu foi de tablă sau poţi reforja oţelul recuperat din altă parte. Un plug este, în esenţă, o lamă ascuţită care taie solul orizontal şi îl forţează să se ridice peste cormană, a cărei formă permite întoarcerea şi reaşezarea la sol a brazdei.

După arat, brazdele şi făgaşele rezultate trebuie nivelate pentru a pregăti patul necesar însămânţării. Grapa este un dispozitiv la fel de vechi ca plugul, iar modelele diferă în funcţie de cât de adânc pătrund în sol şi cât de mărunt fărâmiţează bulgării de pământ din arătură. Grapele moderne folosesc rânduri verticale de discuri metalice pentru a tăia pământul sau nişte coame spiralate care vibrează în sus şi în jos şi mărunţesc pământul, simulând mecanic acţiunea unei greble manuale. Poţi construi o variantă simplă de grapă dintr-o ramă de lemn în formă de romb, prevăzută cu ţăruşi îndreptaţi în jos, sau, dacă n-ai altă soluţie, poţi

trage peste suprafaţa arată o creangă grea de copac. Diferite culturi preferă condiţii diferite de arătură; grâul, de exemplu, preferă un teren mai aspru, cu bulgări de mărimea unui pumn de copil, în timp ce orzul preferă o arătură mai bine mărunţită. După semănat, este nevoie de o grăpare uşoară, pentru a acoperi seminţele, iar acelaşi dispozitiv poate fi folosit şi pentru a rupe buruienile care cresc între rândurile de culturi.

După ce a fost executată arătura potrivită, următorul pas este punerea seminţelor în pământ. Pe vremuri, seminţele erau împrăştiate prin aruncarea lor dintr-o traistă în timp ce semănătorul traversa câmpul. Seminţele se pot împrăştia relativ rapid în acest mod, dar vei avea un control redus asupra locului în care cad, ceea ce va face distrugerea buruienilor de mai târziu să fie dificilă. Din nou, cu puţină ingeniozitate, poţi îmbunătăţi enorm acest proces. O semănătoare este un dispozitiv mecanic de însămânţat. În varianta cea mai simplă, ea poate fi un cărucior cu o tremie în partea de sus şi cu un lanţ acţionat de una dintre roţi, care învârte încet o roată cu aripioare de la fundul tremiei, lăsând să cadă câte o singură sămânţă la intervale regulate. Fiecare sămânţă cade printr-un tub vertical, care poate fi înfipt în sol la adâncimea dorită. Mai multe astfel de roţi compartimentate şi de tuburi

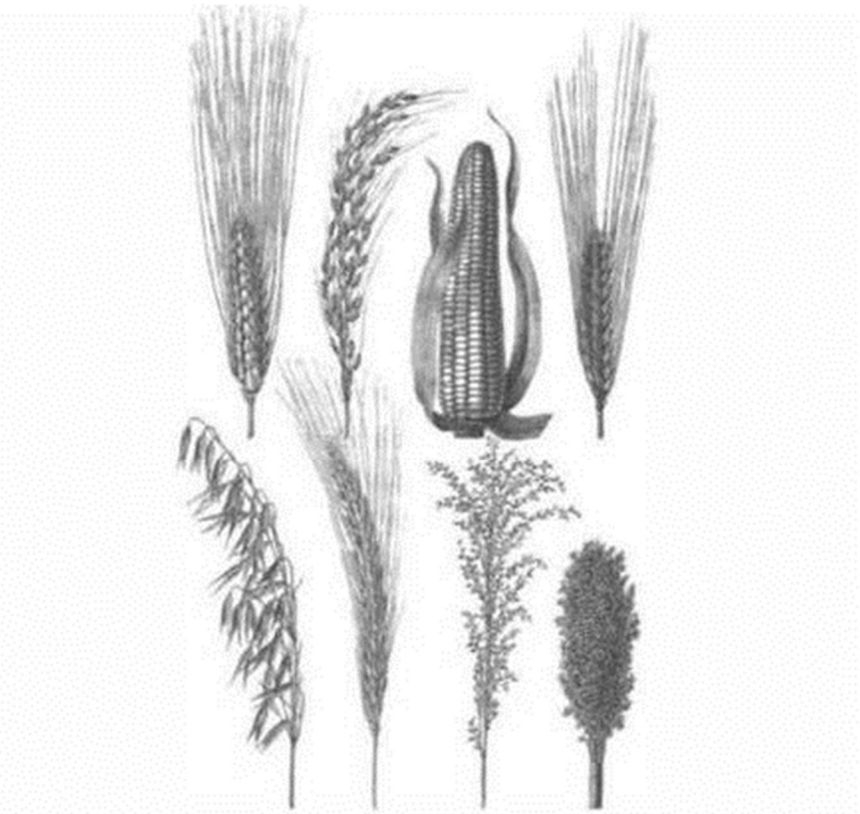
legate în paralel oferă posibilitatea de a însămânţa mai multe rânduri la o singură trecere, iar reglarea lanţului poate modifica distanţa dintre seminţe pe fiecare rând (vei descoperi din experienţă care este distanţa cea mai potrivită pentru fiecare cultură). Acest sistem reduce risipa de seminţe, pentru că optimizează spaţiile dintre plante astfel încât să nu se sufoce reciproc, dar nici să nu rămână între ele distanţe prea mari. Pe lângă asta, dispunerea plantelor în rânduri bine delimitate, şi nu la întâmplare, ca în semănarea manuală, permite ca buruienile dintre rânduri să fie distruse mai uşor. Dacă ai suficientă pricepere, o semănătoare poate fi construită astfel încât să depună, alături de sămânţă, un strop de îngrăşământ lichid sau solid, ajutând plantele să răsară mai uşor.

Plantele pe care le mâncăm

Agricultura urmăreşte, de fapt, exploatarea unui anumit stadiu din ciclul de viaţă al plantelor pe care le-am ales pentru a le cultiva. Multe dintre ele şi-au adaptat o parte din propria structură în vederea depozitării energiei luminii solare, pe care o captează fie pentru a o folosi ele însele în anul următor, fie pentru a o transmite generaţiei viitoare, reprezentată de seminţe. Aceste depozite sunt părţile suculente şi

hrănitoare ale plantelor pe care le găsim pe rafturile supermarketurilor. Majoritatea rădăcinilor şi tulpinilor vegetale pe care le consumăm au un ciclu de dezvoltare de doi ani – adică înfloresc în al doilea an de viaţă. Strategia lor reproductivă este să acumuleze energie pe tot parcursul unui sezon într-o porţiune lărgită în acest scop, să aştepte în stare latentă peste iarnă, iar apoi să-şi folosească rezerva în primăvara viitoare ca să producă flori şi seminţe cu mult înaintea competitorilor. Exemple de rădăcini supradimensionate întâlnim la morcovi, napi, gulii, ridichi şi sfecle. Cultivând aceste soiuri şi recoltând porţiunile supradimensionate, devorăm de fapt rezervele de energie pe care plantele le-au adunat treptat în perioada de creştere. Cartofii nu sunt, în realitate, rădăcini: tuberculii pe care îi mâncăm sunt porţiuni umflate ale tulpinii. Alte plante folosesc ca depozite de energie frunze specializate în acest scop: ceapa, prazul, usturoiul şi ceapa dulce nu sunt decât aglomerări dense de frunze îngroşate. Broccoli şi conopida sunt, în realitate, flori neajunse la maturitate, care devin necomestibile dacă nu sunt culese suficient de timpuriu. Fructele sunt în mod evident depozite de energie pentru seminţele plantei – de exemplu, pulpa suculentă care înconjoară sâmburele de prună; seminţele cerealelor de tipul grâului sunt şi ele, din

punct de vedere botanic, un tip de fruct.



Cele mai importante cereale: (de la stânga la dreapta) grâu, orez, porumb, orz, ovăz, secară, mei şi sorg.

Atunci când omenirea a renunţat la viaţa nomadă şi s-a stabilit în aşezări cu un anumit specific local şi cu terenuri agricole în jur, a devenit în mare măsură dependentă de recoltarea temeinică a unor plante destinate consumului. Dar nu ne-am mulţumit să acceptăm recunoscători doar acele plante nutritive furnizate de selecţia naturală. De-a lungul mai multor

generaţii de cultivări selective, alegând ce plante să perpetuăm pe bazele unor caracteristici dezirabile, le-am modificat biologia ca să le dezvoltăm anumite calităţi şi să le diminuăm anumite caracteristici nedorite. În acest proces de modificare a strategiei reproductive a plantelor respective pentru a le subordona scopurilor noastre, biologia lor a fost denaturată atât de mult, încât acum ele se bazează pe noi pentru a supravieţui în aceeaşi măsură în care ne bazăm şi noi. Fiecare plantă cultivată astăzi, de la roşiile grotesc de mari până la orezul extrem de productiv, reprezintă o tehnologie în sine, produsul unor vechi ingineri genetici.[11]

Există pe glob o uriaşă diversitate de specii de plante comestibile, şi, chiar dacă doar un mic procent din ele au fost alese pentru cultivarea şi reproducerea selectivă de-a lungul mileniilor, se estimează că există circa 7000 de specii cultivate. Cu toate acestea, abia puţin peste zece specii reprezintă 80% din recoltele globale de azi, iar civilizaţiile importante din cele două Americi, din Asia şi din Europa s-au construit bazându-se doar pe trei tipuri fundamentale de recolte: porumb, orez şi

---

[11] Până şi cunoscuta culoare a morcovului este artificială: rădăcinile de morcov sunt în mod natural albe sau mov. Varietatea portocalie a fost creată de agricultorii olandezi din secolul al XVII-lea în cinstea lui Wilhelm I, prinţ de Orange (Orania).

grâu. Acestea sunt plantele a căror cultivare este esenţială în cadrul repornirii postapocaliptice.

Porumbul, orezul şi grâul, asemenea orzului, sorgului, meiului, ovăzului şi secarei, sunt cereale: adică specii de iarbă. Predominanţa cerealelor în regimul nostru alimentar, asociată cu faptul că majoritatea cărnii pe care o mâncăm provine din şepteluri hrănite prin păşunare sau cu nutreţ din cereale, ne dă de înţeles că cea mai mare parte din omenire trăieşte, direct sau indirect, mâncând iarbă. Exact asupra acestei categorii deosebit de importante de plante vor trebui să se concentreze supravieţuitorii.

În timp ce recoltarea multor culturi este destul de directă şi de intuitivă – cartofii se scot din pământ, ceapa se smulge, iar merele se culeg de pe crengi –, strângerea cerealelor de pe câmp şi procesarea lor până ajung pe masă este ceva mai complicată. Culegerea porumbului este simplă; se merge printre rânduri cu un sac în spate şi se adună ştiuleţii de pe tulpini, însă recoltarea grăunţelor celorlalte cereale este mai laborioasă. Metoda cea mai puţin complicată este tăierea întregii plante şi recuperarea boabelor în afara câmpului.

Uneltele folosite la tăiere sunt secera şi coasa. Secera este o lamă curbată mică prinsă într-un mâner, uneori zimţată, care taie tulpinile în timp ce sunt ţinute

mănunchi cu cealaltă mâni Coasa este o unealtă mai mare, care se manevrează cu două mâini, compusă dintr-o coadă lungă cu două mânere şi o lamă mult mai puţin curbată, lungă cam de un metru, prinsă de coadă sub un anumit unghi. Folosirea coasei cere mai multă practică, dar se ţine cu braţele întinse şi cu lama apropiată orizontal de pământ şi se mânuieşte ritmic, răsucind uşor întregul corp. Tulpinile retezate sunt legate în snopi, care sunt ulterior rezemaţi unii de alţii ca să se usuce pe câmp, apoi sunt aduşi în hambare înainte să înceapă ploile de toamnă.

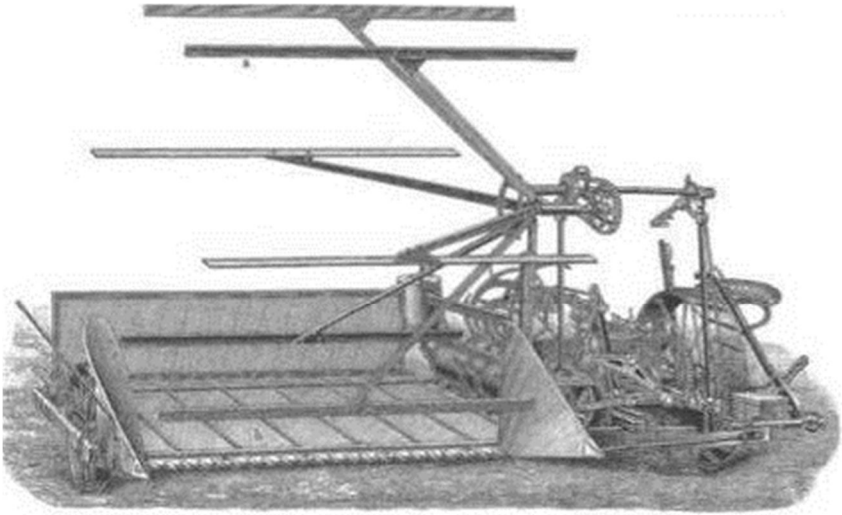
După strângerea recoltei – practic culegând ce ai semănat următorul pas este separarea boabelor de restul plantei. Operaţiunea se numeşte treierat şi modalitatea cea mai simplă este întinderea recoltei pe o podea curată şi baterea ei cu un îmblăciu: un mâner lung ce are ataşat la capăt cu piele sau cu lanţ un băţ mai scurt. Modelele mai mici de treierătoare mecanice se bazează pe acelaşi principiu de bază, folosind un tambur rotativ acoperit cu cârlige sau spire de sârmă şi fixat strâns într-un înveliş rotund pentru a separa boabele de tulpini atunci când acestea sunt trecute prin spaţiul rămas, cernând apoi boabele printr-o sită aflată la fund.

Treieratul lasă boabele amestecate cu cojile care le-au conţinut, aşa că urmează separarea grâului de pleavă

(este uimitor cât de multe expresii din vorbirea curentă derivă din activitatea agricolă, singurul vestigiu care ne mai leagă de tradiţia lucrării pământului). Procesul se numeşte vânturare, iar varianta cea mai simplă este aruncarea materialului treierat în sus într-o zi cu vânt: paiele şi pleava, mai uşoare, vor fi purtate de vânt la mică distanţă, iar boabele, mai dense, vor cădea mai mult sau mai puţin în linie verticală. Utilajele moderne creează vânt artificial cu ajutorul ventilatoarelor electrice, dar se bazează pe acelaşi principiu vechi de milenii.

Pe măsură ce societatea postapocaliptică îşi revine şi populaţia creşte, una dintre cele mai importante invenţii capabile să crească eficienţa agriculturii, producând maximum de alimente cu minimum de efort şi permiţând formarea unei civilizaţii bazate pe traiul urban, este integrarea acestor procese disparate. Combinele agricole actuale permit ca un singur fermier să poată procesa opt hectare de grâu într-o oră – cam de o sută de ori mai repede decât cositul manual al aceleiaşi suprafeţe. O lamă orizontală zimţată împinsă mecanic reproduce acţiunea secerii, tăind tulpinile plantelor, care sunt trase peste ea de către un sistem cilindric de braţe care se rotesc. Principiul de funcţionare nu s-a schimbat de aproape două secole, iar primele cositoare mecanice trase de cai seamănă

foarte mult cu urmaşele lor moderne. Combina agricolă este, fără îndoială, una dintre cele mai importante invenţii din istoria recentă şi ne poate elibera pe mulţi de munca câmpului, permiţându-ne să îndeplinim alte roluri într-o societate complexă.



Cositoare mecanică rudimentară cu braţe rotative (a) şi o lamă zimţată asemănătoare unei seceri (b).

Rotaţia Norfolk

Atâta timp cât poţi cultiva cereale pentru uz propriu, precum şi alte câteva legume şi fructe, pentru o alimentaţie echilibrată şi ceva mai interesantă, nu vei muri niciodată de foame. Carnea o poţi obţine, desigur,

vânând, dar creşterea animalelor şi sacrificarea unei părţi din terenul arabil pentru a le întreţine joacă, de fapt, un rol important în menţinerea productivităţii solului. După cum am văzut, fără ajutor chimic, pământul agricol îşi pierde din fertilitate, însă îngrăşământul animal permite refacerea substanţelor nutritive din sol. În plus, există o anumită categorie de plante care măresc concentraţia de azot din sol, iar integrarea lor în rândul culturilor a reprezentat un pas foarte important în revoluţia agricolă începută în secolul al XVII-lea. Imediat după apocalips, creşterea plantelor şi a animalelor va redeveni indispensabilă, ambele întreprinderi susţinându-se reciproc.

Pe tot parcursul Evului Mediu, agricultorii europeni au respectat regula de a lăsa în mod constant anumite câmpuri necultivate – o practică deosebit de ineficientă, pentru că, în orice moment, circa jumătate din pământul agricol nu era cultivat. Agricultorii medievali îşi dădeau seama că, după câţiva ani, pământul lor nu mai era atât de productiv atunci când cultivau pe el numai cereale, dar nu înţelegeau de ce se întâmplă acest lucru şi astfel lăsau solul să se odihnească un an. Noi înţelegem acum că această scădere a fertilităţii are loc din cauza pierderii elementelor nutritive necesare plantelor, acesta fiind motivul pentru care agricultura modernă este atât de dependentă de folosirea din

abundenţă a îngrăşămintelor artificiale. Imediat după dezastru, nu vei mai avea posibilitatea de a utiliza îngrăşăminte chimice, fiind nevoit să recurgi la o soluţie mai veche.

Ideea de bază este că, în timp ce majoritatea cerealelor consumă azotul din sol, există unele plante care îl reintroduc în pământ. Aceste plante uimitoare fac parte din familia leguminoaselor, printre ele numărându-se mazărea, fasolea, trifoiul, lucerna, lintea, soia şi arahidele. Prin semănarea unei recolte de leguminoase la sfârşitul sezonului sau prin hrănirea animalelor cu acest tip de plante şi folosirea bălegarului produs de ele la fertilizarea câmpului, vei putea reintroduce azotul în sol. Răspândirea treptată a tehnicii de exploatare a leguminoaselor în acest fel a transformat agricultura şi a lansat revoluţia industrială din Marea Britanie.

Prin urmare, alternarea cultivării leguminoaselor cu alte culturi pe un anumit teren va menţine productivitatea solului. O variantă şi mai bună decât alternarea a două culturi complementare – trifoi şi grâu, să spunem – este rotaţia culturilor în mai multe stadii, astfel încât să se întrerupă şi ciclul reproducerii bolilor şi dăunătorilor. Dăunătorii sunt cel mai adesea foarte specifici plantei pe care o atacă, aşa că schimbarea anuală a culturilor şi necultivarea unui tip

de plantă pe un anumit teren vreme de mai mulţi ani va permite exercitarea unui control natural asupra acestui proces fără folosirea pesticidelor.

Rotaţia Norfolk în patru cicluri, cel mai reuşit dintre aceste sisteme istorice, s-a răspândit în secolul al XVIII-lea, ducând în cele din urmă la revoluţia agricolă din Marea Britanie. În sistemul Norfolk, succesiunea culturilor pe o anumită parcelă de pământ respectă următoarea ordine: leguminoase, grâu, rădăcinoase şi orz.

După cum am văzut deja, cultivarea leguminoaselor asigură fertilizarea solului pentru restul ciclului. Trifoiul şi lucerna cresc bine în clima britanică, dar în alte regiuni s-ar putea să te descurci mai bine cu fasolea şi arahidele. La sfârşitul sezonului, dacă nu recoltezi planta pentru consumul uman, poţi lăsa animalele s-o pască sau pur şi simplu o poţi introduce în pământ cu plugul, pe post de îngrăşământ verde. După sezonul leguminoaselor vine cel al grâului, pentru a folosi fertilitatea solului şi pentru a produce o rezervă de cereale destinată consumului uman.

În anul următor, plantează rădăcinoase precum napul, guliile sau sfecla (furajeră ori roşie). În Evul Mediu, unul dintre scopurile principale pentru care se lăsa necultivat un teren, după ce primăvara fusese arat şi grăpat, era omorârea buruienilor în vederea

sezonului viitor. În cazul legumelor rădăcinoase, poţi avea o cultură din care să smulgi fără probleme buruienile dintre rânduri. Acest ciclu va pregăti cultura următoare, iar când nu intenţionezi să foloseşti rădăcinoasele pentru consumul propriu – dacă nu cumva ai cultivat cartofi – le poţi folosi pentru a hrăni animalele. În felul acesta, şeptelul se va îngrăşa mai rapid şi va produce mai mult bălegar care să poată fi împrăştiat pe câmp pentru a-i păstra fertilitatea. Hrănirea animalelor cu nutreţ special cultivat, în loc de a le lăsa pur şi simplu la păscut, conduce la eliberarea păşunilor, care pot fi folosite la cultivarea altor plante.

Adoptarea napului şi a altor rădăcinoase ca nutreţ a inaugurat o adevărată revoluţie în agricultura medievală. Nu numai că animalele se dezvoltă mai eficient consumându-le, dar rădăcinoasele reprezintă o sursă eficientă de hrană şi peste iarnă. Înainte de introducerea lor, fiecare sfârşit de toamnă din Europa era dominat de o măcelărire masivă a şeptelului, din cauză că pur şi simplu nu exista suficientă mâncare pentru a întreţine animalele până primăvara. Napul, asemenea altor nutreţuri cultivate, precum gulia şi varza furajeră, este o plantă bienală, ceea ce înseamnă că poate fi lăsat în pământ peste iarnă şi scos pentru hrănirea animalelor doar la nevoie. Folosite pentru a suplimenta fânul şi nutreţul însilozat (iarba

fermentată), sărace în calorii, aceste culturi bogate în substanţe nutritive ajută turme mari de animale să treacă peste iarnă, asigurând o rezervă constantă de carne proaspătă şi de produse lactate. Ultimele constituie o sursă esenţială de vitamina D în lunile întunecoase de iarnă, când pielea nu are suficientă lumină solară pentru a o sintetiza singură.

Al patrulea şi ultimul stadiu în rotaţia culturilor este semănarea orzului, care poate fi folosit pentru a hrăni animalele – dar nu uita să păstrezi o parte pentru a fermenta berea (vom discuta acest lucru în capitolul următor). După orz, rotaţia revine la cultivarea leguminoaselor, pentru a restabili fertilitatea solului şi a-l pregăti să primească cerealele consumatoare de azot. Prin urmare, rotaţia culturilor constă în cuplarea armonioasă a nevoilor şi a produselor plantelor şi animalelor, în combaterea naturală a dăunătorilor şi agenţilor patogeni şi în reciclarea substanţelor nutritive din sol. Acest sistem particular de rotaţie nu va funcţiona peste tot, fiind nevoit să găseşti unul potrivit solului şi climei din zona ta.[12] Dar cele două principii de bază ale sistemului de rotaţie al culturilor îţi va

---

[12] Chiar şi în Marea Britanie, sistemul Norfolk este mai puţin eficient în cazul solurilor puternic argiloase din nord şi din vest, motiv pentru care aceste regiuni s-au concentrat asupra păscutului animalelor şi asupra manufacturii (folosind profiturile din aceste activităţi ca să cumpere grâne din sud).

asigura posibilitatea de a procura alimente şi de a menţine în acelaşi timp productivitatea solului după apocalips fără adăugarea unor îngrăşăminte chimice: alternează leguminoase cu cereale şi cultivă rădăcinoase nu atât pentru consumul propriu, cât mai ales pentru animale. Revenind la metode de cultivare la scară redusă, două hectare de pământ vor fi de ajuns pentru întreţinerea unui grup de până la zece persoane, asigurându-le grâu pentru pâine, orz pentru bere, diverse fructe şi legume, la care se adaugă vite, porci, oi şi găini pentru carne, lapte, ouă şi alte produse.

Îngrăşământul animal împrăştiat pe pământul agricol ajută la fertilizarea solului, dar am putea folosi în acelaşi fel şi deşeurile umane? Principala provocare a unei agriculturi lipsite de îngrăşământ artificial modern va fi cum să transforme din nou şi cât mai eficient cu putinţă materiile fecale în hrană; ideal ar fi să se închidă astfel lanţul consumului uman şi să ne asigurăm că nu se pierde atât de preţiosul azot.

Îngrăşământul natural

În timp ce canalele deschise de pe străzile Europei dădeau pe dinafară, în oraşele din China oamenii îşi adunau deşeurile cu grijă şi nu foloseau o reţea subterană de conducte, ci le puneau în găleţi şi căruţe,

împrăştiindu-le apoi pe câmpurile din jur. Fiecare dintre noi produce anual aproximativ 50 kg de fecale şi cam de zece ori mai multă urină – deşeuri care conţin suficient azot, fosfor şi potasiu cât să fertilizeze culturi din care să rezulte 200 kg de cereale.

Problema este că nu te poţi apuca să împrăştii cu voioşie peste culturile pe care le vei mânca la anul deşeuri umane netratate: ar însemna pur şi simplu să întregeşti ciclul de viaţă a nenumăraţi agenţi patogeni şi să declanşezi izbucnirea unor epidemii pe scară largă. Iar, cu toate că China preindustrială se bucura de o agricultură productivă, bolile gastrointestinale în rândul populaţiei erau endemice. Tratamentul corect al deşeurilor umane are o importanţă crucială pentru a asigura sănătatea societăţii, deci este un lucru pe care trebuie să-l iei în considerare când începi reconstrucţia civilizaţiei. (O aşezare postapocaliptică va trebui să-şi sape măcar gropi cu rol de toaletă, care ar trebui să se afle la cel puţin 20 de metri distanţă de orice puţ sau izvor folosit ca sursă de apă potabilă.).

Microbii şi ouăle paraziţilor producători de boli pot fi ucişi prin încălzire la peste 65°C (temă la care vom reveni în contextul conservării hranei şi a sănătăţii). Aşadar, dacă vrei să fertilizezi terenul agricol folosind îngrăşământ uman, problema care apare acum este următoarea: cum să pasteurizezi volume mari din

propriile excremente?

La scară mică, fecalele pot fi tratate presărându-le cu rumeguş, paie sau alt material vegetal fără frunze (pentru a echilibra nivelurile de carbon şi de azot, precum şi pentru a absorbi umezeala), pentru a le strânge apoi într-o grămadă de compost, care va fi întoarsă vreme de câteva luni sau chiar şi un an întreg. În timp ce bacteriile descompun materia organică din compost, se degajă căldură (exact ca în cazul metabolismului corpului nostru), iar acest proces creşte în mod natural temperatura grămezii, astfel încât să omoare microorganismele dăunătoare. Cel mai bine este să separi urina de fecale – construind closete cu un jgheab de scurgere spre partea din faţă –, pentru a evita formarea unei mocirle îmbibate cu apă. Urina este sterilă, deci poate fi diluată şi aplicată direct pe teren.

Cu ceva mai multă ingeniozitate, o parte din deşeurile produse de om sau de animale pot fi transformate în ceva mult mai util cu ajutorul unui bioreactor. Într-o grămadă de compost, obiectivul este păstrarea bine aerisită a materialului, astfel încât bacteriile şi ciupercile dornice de oxigen să-l poată descompune cu uşurinţă. Dar, dacă deşeurile sunt ţinute într-un recipient închis, în care se blochează accesul oxigenului, bacteriile anaerobe se înmulţesc şi transformă parţial materia organică în gaz metan

inflamabil. Acesta poate fi transferat printr-o ţeavă într-un depozit improvizat de gaz, construit dintr-un bazin căptuşit cu beton plin cu apă şi un recipient de metal bine fixat pe fundul lui. Când metanul începe să bolborosească în recipientul de colectare, apa împiedică pătrunderea aerului şi colectorul de gaz se ridică. Greutatea recipientului asigură o anumită presiune a gazului, iar metanul poate fi dirijat astfel spre plite, sisteme de iluminat sau, cum vom vedea mai târziu, poate fi folosit drept combustibil pentru motoarele unor vehicule. O tonă de deşeu organic poate produce cel puţin 50 m^3 de gaz inflamabil, echivalentul energetic a peste 40 de litri de benzină. (Nu-i deloc surprinzător că astfel de rezervoare de biogaz au devenit ceva obişnuit în Europa ocupată de nazişti din timpul celui de-al Doilea Război Mondial.) Proliferarea microbiană încetineşte considerabil la temperaturi mai mici, aşa că este important ca bioreactorul să rămână bine izolat, sau chiar să sifonezi o parte din metanul produs şi să-l foloseşti pentru încălzirea lui.

Pe măsură ce populaţia societăţii postapocaliptice va începe să crească, va fi nevoie de metode de a trata deşeurile pe scară mai mare. Bacteriile enterice, care pot conţine inclusiv tulpini cu potenţial patogen, prosperă la căldura internă a corpului omenesc, însă nu

cresc cu aceeaşi rapiditate şi în exterior. În consecinţă, principalul truc al tratamentului deşeurilor este forţarea bacteriilor enterice umane dintr-un bazin de materii fecale să intre în competiţie cu microorganismele din mediu: o luptă pentru supravieţuire pe care bacteriile o vor pierde. Staţiile moderne de tratare accelerează acest proces introducând aer în masa biologică pentru a încuraja organismele consumatoare de oxigen.

Cu toate că fertilizarea terenurilor agricole cu deşeuri umane poate fi de neacceptat în lumea occidentală, în alte locuri ea se dovedeşte foarte eficientă. În Bangalore, al treilea oraş ca mărime al Indiei, cu o populaţie de circa opt milioane şi jumătate de locuitori, cisterne numite eufemistic „sugătoare de miere" golesc fosele septice din oraş şi îşi transportă încărcătura spre terenurile agricole din jur. Deşeurile sunt tratate în bazine şi abia apoi sunt împrăştiate pe sol. Există chiar şi produse comercializate care conţin deşeuri umane procesate. Dillo Dirt, un îngrăşământ vândut de primăria oraşului Austin, Texas, foloseşte un proces asemănător celui de formare a compostului ca să se asigure că deşeurile sunt încălzite natural până la temperaturile de pasteurizare necesare eliminării agenţilor patogeni.

Pe lângă azot, plantele mai au nevoie de fosfor şi de

potasiu. Oasele sunt foarte bogate în fosfor – împreună cu dinţii, reprezintă adevărate surse de fosfat de calciu –, aşa că împrăştiatul de făină de oase, adică schelete de animale fierte şi măcinate, este un mod foarte bun de a reface potenţialul unui teren neroditor. Combinarea făinii de oase cu acid sulfuric (vezi în Capitolul 5 cum se realizează acest lucru) face fosfatul pe care îl conţine mult mai uşor de absorbit de către plante şi o transformă astfel într-un îngrăşământ mult mai eficient De fapt prima fabrică de îngrăşăminte din lume a fost fondată în 1841 cu scopul de a combina acidul sulfuric provenit de la fabricile de gaz din Londra cu făina de oase de la abatoarele din oraş, pentru a obţine granule de „superfosfat", pe care le vindeau agricultorilor. Potasiul pentru îngrăşăminte este prezent în potasă (vom vedea tot în Capitolul 5 cât de uşor se extrage din cenuşă de lemn), iar în 1870 pădurile întinse din Canada reprezentau principala sursă de îngrăşământ a Europei. Astăzi obţinem potasiu şi fosfor pentru îngrăşăminte din anumite tipuri de roci şi zăcăminte minerale, iar identificarea acestora într-o lume postapocaliptică va necesita redescoperirea geologiei şi a prospecţiunilor.

Îngrăşămintele moderne furnizează o cantitate echilibrată din aceste trei substanţe nutritive cerute de sol (într-un mod nu foarte diferit de dietele gândite cu

grijă pentru sportivii de top); folosind metodele mult mai rudimentare despre care am vorbit în acest capitol, nu vei avea un randament asemănător cu cel al solurilor îmbogăţite de azi, dar vei reuşi să conservi într-un mod satisfăcător fertilitatea terenului agricol în perioada de refacere a civilizaţiei.

Un om hrăneşte zece

Pentru ca societatea postapocaliptică să progreseze, este absolut esenţial să pună bazele unei agriculturi solide. Dacă un cataclism brutal distruge majoritatea omenirii, împreună cu toată cunoaşterea şi abilităţile ei, populaţia supravieţuitoare ar putea să revină la un nivel minim de subzistenţă, riscând să dispară în totalitate. Nu contează câtă cunoaştere industrială sau curiozitate ştiinţifică rămâne după apocalips, dacă supravieţuitorii nu au altă preocupare în afară de supravieţuire. Fără surplus de hrană, societatea nu are nicio posibilitate să devină mai complexă şi să progreseze. Iar, atunci când cultivarea hranei este vitală, oamenii sunt mult mai puţin dornici să încerce noi soluţii, din moment ce viaţa lor depinde de asta. Multe ţări sărace de astăzi sunt prinse în această capcană. O societate postapocaliptică ar putea stagna chiar şi mai multe generaţii, până când agricultura va

atinge un nivel de eficienţă care să-i permită societăţii revenirea la complexitatea pierdută.

În esenţă, o creştere a populaţiei înseamnă mai multe minţi omeneşti, care pot găsi mai rapid soluţii la probleme. Dar o agricultură eficientă oferă şi mai multe oportunităţi de progres. Odată ce nevoile alimentare de bază sunt asigurate prin mijloace eficiente, civilizaţia poate elibera mai mulţi cetăţeni de munca câmpului Un sistem agricol productiv îi permite unei persoane să hrănească alte câteva, care devin astfel libere să se specializeze în meşteşuguri şi comerţ.[13] Dacă nu eşti nevoit să îţi foloseşti forţa muşchilor la câmp, mintea şi mâinile tale pot sluji altor scopuri. O societate se poate dezvolta economic şi poate creşte în complexitate şi competenţă doar atunci când nevoile de bază au fost satisfăcute, iar surplusul agricol este motorul

---

[13] Folosind multe dintre avantajele despre care am vorbit în acest capitol, revoluţia agricolă care a avut loc în Marea Britanie între secolele al XVI-lea şi al XIX-lea a condus la creşterea substanţială a producţiei de hrană, solicitând mai puţină forţă de muncă şi ducând la scăderea numărului de muncitori necesari în agricultură pentru a-i hrăni pe ceilalţi, ceea ce a înlesnit urbanizarea masivă. în jurul anului 1850, Marea Britanie a ajuns la cel mai mic procent de lucrători agricoli dintre toate ţările lumii, doar o persoană din cinci muncind câmpul pentru a hrăni întreaga populaţie. în 1880, doar un britanic din şapte trebuia să lucreze pământul, în 1910 ajungându-se până la o persoană din unsprezece. în ţările dezvoltate de azi, cu ajutorul îngrăşămintelor artificiale, al pesticidelor, al erbicidelor, precum şi al utilajelor extrem de eficiente de tipul combinelor, fiecare lucrător din agricultură produce suficiente alimente cât să hrănească alţi cincizeci de oameni.

fundamental al progresului civilizaţiei. Dar repornirea civilizaţiei nu va simţi beneficiile unei agriculturi productive decât dacă excesul de hrană va putea fi stocat în siguranţă şi nu va putrezi neconsumat Ne vom îndrepta atenţia acum asupra conservării alimentelor.

Hrana şi îmbrăcămintea

„Cetăţi distruse, munca uriaşilor făcută fărâme.
Acoperişurile sunt ruine, turnurile sunt la pământ,
Cu zăbrelele rupte; gheaţa acoperă zidurile;
Tavanele-s sparte, rupte, căzute,
Mâncate devreme...”

Ruina, anonim saxon din secolul al XVIII-lea deplângând ruinele romane.

Gătitul reprezintă prima operaţie chimică din istoria umană, adică transformarea deliberată şi directă a compoziţiei chimice a materiei. Exteriorul crocant şi maroniu al unei fripturi pe grătar şi coaja aurie a unei pâini se datorează unei transformări moleculare cunoscute sub numele de reacţie Maillard. Proteinele şi zahărul din mâncare reacţionează între ele şi creează o serie de compuşi noi şi gustoşi. Dar gătitul foloseşte unor scopuri mult mai importante decât producerea

alimentelor apetisante şi va fi un instrument esenţial în asigurarea sănătăţii supravieţuitorilor după apocalips.

Căldura folosită la gătit omoară toţi agenţii patogeni şi paraziţii contaminanţi, prevenind de exemplu intoxicaţiile alimentare produse de microbi sau infectarea cu tenie de porc. Gătitul ajută la înmuierea alimentelor dure sau fibroase şi sparge structurile moleculare complexe ca să elibereze compuşi mai simpli, mai uşor de digerat şi de absorbit Acest lucru măreşte conţinutul nutritiv al multor alimente, permiţând corpurilor noastre să extragă mai multă energie din acelaşi volum de materie comestibilă. Iar în anumite cazuri – cum ar fi planta tropicală taro, maniocul şi cartoful sălbatic – încălzirea prelungită inactivează şi otrăvurile conţinute de plante; altminteri, dacă luăm de exemplu maniocul, o singură porţie ar fi letală.

Gătitul este doar una dintre modalităţile de a procesa alimentele înaintea consumului. Capacitatea de a depozita în siguranţă alimente pentru perioade lungi după producerea lor este o cerinţă fundamentală pentru susţinerea civilizaţiei. Ea permite produselor să fie transportate de pe câmp sau din abatoare în oraşe, unde hrăneşte o populaţie densă şi înlesneşte formarea unor rezerve pentru vremuri mai sărace. Mâncarea se strică sub acţiunea microbilor – bacterii şi mucegaiuri –,

deteriorându-şi structura şi schimbându-şi compoziţia chimică sau eliminând produse secundare neplăcute la gust ori pur şi simplu toxice pentru oameni. Scopul conservării alimentelor este prevenirea apariţiei acestei acţiuni microbiene sau, cel puţin, întârzierea procesului cât mai mult posibil. Asta se face modificând în mod deliberat condiţiile existente în alimente, pentru a le scoate pe acestea în afara zonei care duce la dezvoltarea microbilor. În esenţă, este vorba despre încercarea de a controla microbiologia alimentelor: se previne dezvoltarea microorganismelor sau chiar se folosesc anumiţi microbi pentru a bloca acţiunea altora şi pentru a nu permite anumitor tulpini să câştige teren. În unele cazuri, se încurajează fermentarea produsă de dezvoltarea unor microbi, fenomen care descompune moleculele complexe din alimente şi face substanţele nutritive mai accesibile consumului uman. Prin urmare, biotehnologia este departe de a fi o invenţie modernă: este una dintre ele mai vechi invenţii ale omenirii.

Descoperirea care ne-a înzestrat cu toate aceste capacităţi – să gătim mâncare, fierbând-o sau frigând-o, să folosim fermentaţia ca proces de conservare pe termen lung – a fost faptul că am reuşit să transformăm lutul în vase de ceramică. O inovaţie ce a avut urmări profunde asupra istoriei speciei noastre. De exemplu,

sistemul digestiv uman, spre deosebire de stomacul cu mai multe camere al rumegătoarelor, este incapabil să descompună eficient numeroase tipuri de alimente, aşa că trebuie să suplimentăm ceea ce poate face organismul nostru în mod natural prin aplicarea anumitor tehnologii. Vasele de ceramică folosite ca recipiente pentru alimente în timpul fermentării sau al gătitului conduc la eliberarea mai multor substanţe nutritive, acţionând astfel ca nişte „stomacuri" suplimentare externe – un sistem predigestiv tehnologic.

Bucătăria modernă – culmea civilizaţiei noastre sofisticate, cu toate marinările şi confierile sale – nu este decât un ornament superficial ce are la bază necesitatea de a împiedica mâncarea să ne otrăvească şi de a elibera cât mai mult din conţinutul ei nutritiv. Aceasta nu este o carte de bucate, deci nu vom înşira reţete sau instrucţiuni detaliate, dar pentru o recuperare postapocaliptică a civilizaţiei trebuie să cunoaştem principiile generale din spatele metodelor de conservare şi procesare a alimentelor.

Conservarea alimentelor

Acest tip de conservare ţine cont de condiţiile de mediu de care au nevoie microbii şi orice fel de formă

de viaţă ca să prolifereze. Dar tehnicile tradiţionale pe care le vom discuta s-au dezvoltat în perioade lungi de timp, prin încercare şi eroare, cu mult înainte de descoperirea microorganismelor invizibile care provoacă descompunerea (până şi practica modernă a conservării alimentelor în cutii de tablă a fost adoptată înainte de demonstrarea teoriei germenilor). S-a constatat că aceste tehnici funcţionează cu succes fără o teorie adiacentă care să explice de ce. Păstrarea acestei informaţii de bază după apocalips (vezi în Capitolul 7 arm se construieşte un microscop capabil să facă vizibili microbii) va uşura enorm menţinerea unei rezerve sigure de hrană şi evitarea bolilor infecţioase – două lucruri esenţiale pentru favorizarea unei creşteri a populaţiei după un cataclism.

Nu numai că orice formă de viaţă de pe Pământ are nevoie de apă în stare lichidă pentru a creşte şi a se reproduce, dar organismele pot tolera doar un anumit registru de condiţii fizice şi chimice. Mai precis, enzimele dintr-o celulă (maşinăria moleculară care regizează reacţiile biochimice şi coordonează procesul vieţii) sunt active doar într-un anumit interval de temperatură, salinitate şi pH (adică gradul de aciditate sau de alcalinitate al unui fluid). Conservarea se poate realiza împingând unul dintre aceşti trei factori departe de valoarea optimă necesară pentru creşterea

microbiană.

Cea mai simplă metodă de conservare este deshidratarea. Fără prea multă apă la dispoziţie, microbii se dezvoltă cu dificultate (exact de aceea este foarte important ca recoltele de cereale să fie uscate înainte de a fi depozitate în silozuri). Tehnica tradiţională de deshidratare este uscarea la aer sau la soare – o tehnică potrivită pentru legume precum roşiile, dar şi pentru carne –, însă procesul este lent şi ineficient pentru cantităţi mari de hrană.

Fără să fie considerate deshidratate în sens obişnuit, multe alte alimente sunt conservate şi atunci când este prezentă apă în cantităţi reduse. Folosirea unor cantităţi mari de compuşi dizolvaţi, precum zahărul, permite obţinerea unei soluţii foarte concentrate, care acţionează extrăgând apa din celulele microbiene şi oprindu-le dezvoltarea, cu excepţia tulpinilor cele mai rezistente. Acesta este principiul care stă în spatele gemurilor: fructele zaharisite sunt delicioase dimineaţa, când le mâncăm pe pâine prăjită, dar adevăratul motiv pentru care se produc aceste conserve este protejarea fructelor prin acţiunea antimicrobiană a unei soluţii concentrate de zahăr. Zahărul se extrage din trestia tropicală de zahăr sau din rădăcinile de sfeclă de zahăr, care cresc în zona temperată, prin picurarea de apă peste planta zdrobită, pentru ca

zahărul să se dizolve, fiind recristalizat ulterior prin uscare. Mierea rezistă foarte mult exact din acelaşi motiv.

În cantităţi mici, sarea este indispensabilă funcţionării sănătoase a corpului uman – de aceea tânjim după gustul ei –, însă conservarea alimentelor necesită cantităţi mult mai mari. Produsele sărate sunt conservate în acelaşi fel ca gemurile: o cantitate de saramură concentrată extrage apa din celulele microbiene şi le opreşte dezvoltarea. Carnea proaspătă poate fi conservată eficient prin învelirea ei în sare vreme de câteva zile sau păstrând-o într-o soluţie salină foarte concentrată – circa 180 de grame de sare dizolvată într-un litru de apă produc o saramură de cinci ori mai concentrată decât apa de mare. Sărarea a reprezentat o tehnică importantă de conservare a alimentelor de-a lungul istoriei, aşa că procedeul merită analizat mai în detaliu.

În principiu, dacă locuieşti aproape de coastă, producerea sării e joacă de copil. Apa de mare conţine circa 3,5% substanţe solide dizolvate – în cea mai mare majoritate, sare obişnuită (clorură de sodiu), care poate fi extrasă prin evaporarea apei. În zonele însorite, apa de mare poate fi pur şi simplu pusă în vase puţin adânci şi lăsată să se evapore de la căldura zilei, în urma ei rămânând o crustă de sare concentrată. În

regiunile foarte reci, poţi lăsa apa de mare să îngheţe în diferite recipiente, ceea ce va duce la adunarea pe fundul lor a unor saramuri foarte concentrate. Dar, în condiţii de climă temperată, care acoperă cea mai mare parte a Europei şi a Americii de Nord, trebuie să se fiarbă cazane cu soluţie salină pentru a forţa evaporarea apei. În cazul sării, aşadar, disponibilitatea sau valoarea ei nu este dată de raritatea substanţei în sine – trei sferturi din Pământ este acoperit de soluţie salină –, ci de costurile energetice ale obţinerii sării în cantităţi mari sau a descoperirii ei în zăcăminte exploatabile.[14]

Sărarea este de multe ori folosită în combinaţie cu o altă tehnică de conservare: afumarea. Prin intermediul acestui proces, anumiţi compuşi naturali toxici pentru microbi sunt generaţi şi infuzaţi în produse, fiind vorba de cele mai multe ori de carne şi de peşte. După cum vom vedea în capitolul următor, arderea incompletă a lemnului eliberează o suită largă de compuşi, printre care se numără şi creozotul, responsabil pentru gustul specific al produselor afumate şi pentru inhibarea deteriorării lor. Poţi improviza cu uşurinţă o mică afumătoare. Sapă un puţ de mică adâncime pentru foc,

---

[14] Vestigii ale importanţei istorice a sării s-au păstrat până şi în limbile modeme. De exemplu, soldaţii romani primeau o alocaţie ca să-şi cumpere sare (*salarium*), termen care stă la originea cuvântului modem „salariu".

apoi un şanţ ce se desfăşoară câţiva metri faţă de gaura principală. Acoperă totul cu o foaie de metal şi apoi cu pământ pentru a canaliza fumul. La capătul deschis al canalului, pe unde iese fumul, aşază un frigider defect prevăzut cu o gaură în partea inferioară. Umple rafturile din sârmă cu peşte eviscerat, bucăţi de carne, brânză şi aşa mai departe şi afumă-le câteva ore.

Un alt aliat în lupta împotriva invaziei hoardelor de microbi este aciditatea. Oţetul este o soluţie slab concentrată de acid acetic (vom reveni ulterior la el în acest capitol) şi este forte eficient pe post de conservant în cazul murăturilor. Abordarea opusă – conservarea alimentelor prin alcalinizare – este mult mai rar întâlnită, deoarece saponifică grăsimile (vezi cum se face săpunul în Capitolul 5), ceea ce schimbă extrem de mult gustul şi textura alimentelor.[15]

În loc de a adăuga acid din altă parte pentru a asigura conservarea prin saramurare, alimentele pot fi protejate

---

[15] O excepţie o reprezintă metoda de preparare a porumbului folosită în mod tradiţional de către civilizaţiile băştinaşe din Mesoamerica. Acolo, porumbul este fiert într-o soluţie alcalină (ce conţine fie var stins, fie cenuşă) pentru a-l „nixtamaliza" (cuvânt format din doi termeni, „nahuatl", care înseamnă „cenuşă", şi, respectiv, „aluat din mălai"). Nu numai că acest procedeu îi îmbunătăţeşte gustul, dar facilitează absorbţia de către corpul uman a vitaminei B_3 din porumb. Pelagra, o boală provocată exact de lipsa acestei vitamine, a afectat vreme de două secole Europa şi America de Nord, după ce aceste continente au adoptat cultura porumbului fără să preia şi tehnica potrivită de pregătire a boabelor pentru consum.

încurajând dezvoltarea acelor bacterii care secretă deşeuri acide, permiţând astfel mâncării să-şi genereze propriul conservant. Varza murată, *miso*-ul japonez, *kimchi*-ul coreean sunt toate produse folosind mai întâi sare pentru extragerea umidităţii din legume şi apoi fermentându-le prin intermediul bacteriilor rezistente la sare, care cresc aciditatea naturală. Un astfel de procedeu transformă alimentele într-un mediu extrem, ceea ce nu permite să fie colonizate de alţi microbi, care le pot degrada sau pot duce la intoxicaţie alimentară.

Iaurtul este produs în acelaşi mod, adică permiţând unei culturi de bacterii care eliberează acid lactic să acrească laptele în mod controlat. (În general, acizii au pentru noi un gust acru.) Această metodă creează şi ea un mediu intern cu aciditate sporită, care rezistă colonizării de către alţi microbi, prelungind astfel la câteva zile perioada în care pot fi consumate substanţele nutritive. Cum laptele reprezintă o sursă atât de utilă de elemente nutritive esenţiale, conservarea lui este foarte importantă pentru supravieţuitorii apocalipsului.

Vitamina D este indispensabilă pentru prevenirea rahitismului, boală care provoacă degradarea oaselor, pentru că facilitează absorbţia calciului din alimente. Această vitamină este produsă de organism atunci când pielea este expusă la soare, dar la latitudini

nordice, cu ierni lungi şi mult întuneric, în care oamenii trebuie să se acopere bine peste tot ca să se apere de frig, rahitismul a reprezentat vreme de secole un flagel. Laptele reprezintă o sursă excelentă atât de calciu, cât şi de vitamina D, aşa că posibilitatea de a conserva substanţele nutritive din lapte este indispensabilă pentru sănătatea locuitorilor din nord.[16]

Untul este o bună modalitate de a conserva grăsimile bogate în energie din lapte, prin eliminarea unei mari părţi din apa conţinută de lapte. Pentru a face unt, este esenţial mai întâi să se extragă din lapte smântâna bogată în grăsimi; se poate face asta fie lăsând-o să se ridice în mod natural la suprafaţă, timp de o zi sau două, prin păstrarea laptelui într-un recipient rece, fie accelerând procesul cu o centrifugă (o găleată învârtită rapid va da rezultate bune). Baterea laptelui are rolul de a lipi stropii de grăsime între ei şi de a înlătura excesul de lichid, adică zerul. Se poate realiza acest lucru fie rulând un borcan înainte şi înapoi pe podea, fie scuturându-l, dar metoda cea mai eficientă ar fi să foloseşti o bormaşină electrică căreia să îi ataşezi un dispozitiv de amestecat vopseaua. Untul se strecoară

---

[16] Masele continentale din emisfera nordică se întind mult mai mult spre pol decât cele din emisfera sudici Localitatea Newcastle este mult mai apropiată de pol decât orice loc din Africa, Australia şi America de Sud beneficiind, prin urmare, de mai puţină lumină în timpul iernii.

de zer, se sărează pentru a-l conserva şi se frământă până când elimină toată apa, ceea ce îi permite sării să se amestecă bine.

Iaurtul rămâne stabil câteva zile, untul, în jur de o lună, în timp ce brânzeturile pot păstra substanţele nutritive din lapte vreme de mai multe luni. Producerea brânzei este un procedeu mult mai evoluat, dar esenţială este păstrarea substanţelor nutritive ale laptelui şi eliminarea apei. Pentru a rupe proteinele din lapte şi a-l face să se coaguleze, se foloseşte cheagul, o enzimă din primul stomac al unui viţel. Laptele coagulat este strecurat şi presat într-un bulgăre solid, care este apoi lăsat să se matureze; acţiunea unor ciuperci specifice oferă brânzeturilor aspectul şi gustul care le sunt atât de caracteristice.

Prepararea cerealelor

Să ne îndreptăm acum atenţia către prepararea recoltelor de cereale. Domesticirea preistorică a grâului, orezului, porumbului, orzului, meiului şi secarei reprezintă unul dintre marile succese ale evoluţiei umane. Strategiile de reproducere a acestor plante cultivate au fost reprogramate prin selecţie artificială, în scopul de a obţine boabe uşor recuperabile – aceasta a fost soluţia găsită de omenire

ca să poată consuma specii de iarbă fără să beneficieze de sistemul digestiv al rumegătoarelor, precum vacile şi oile, crescute de om.

Porumbul poate fi fiert şi mâncat direct de pe ştiulete[17], iar orezul poate fi decorticat şi fiert în apă sau la abur pentru consum imediat. Dar, spre deosebire de majoritatea fructelor şi legumelor cultivate, boabele mici şi dure ale multor cereale nu pot fi consumate ca atare: ele trebuie pregătite tehnologic pentru consum.

Grăunţele de cereale pot fi măcinate şi transformate într-o pulbere fină: faina. Cea mai simplă metodă de măcinare este să pui o mână de boabe pe o piatră plată şi netedă aşezată pe jos, iar pe urmă să le zdrobeşti folosind o altă piatră şi greutatea corpului. Dar această metodă este istovitoare şi mare consumatoare de timp. Un sistem mult mai bun este măcinarea între două pietre cilindrice şi compacte, sau între două discuri metalice, în timp ce boabele se introduc în acest „sandvici" printr-o gaură din mijlocul pietrei de sus (de aici ne-a rămas expresia „a da grâu la moară"). Greutatea pietrei superioare furnizează presiunea necesară zdrobirii lor, iar rotirea împinge făina spre

---

[17] În urmă cu 6000 de ani, locuitorii din America de Sud au descoperit cum să încălzească boabele anumitor soiuri de porumb până pocnesc; în zilele noastre, popcornul reprezintă o afacere de miliarde de dolari doar pe piaţa cinematografelor din Statele Unite.

exterior, ca să poată fi adunată. Măcinatul cu pietre se dovedeşte astfel o extindere tehnologică a principiului măselelor, care zdrobesc şi macină alimentele tari ca să le facă mai uşor digerabile. Efortul manual al măcinării poate fi micşorat învârtind piatra de deasupra cu ajutorul unui animal de tracţiune sau, şi mai bine, folosind forţa apei ori a vântului (vom vedea cum în Capitolul 8). Chiar şi aşa, transformarea în pulbere a unei întregi recolte de cereale va reprezenta o cheltuială enormă de energie pentru o societate aflată în refacere.

Cel mai simplu şi mai puţin apetisant mod de a consuma făina măcinată este amestecul acesteia cu apă, pentru a obţine o fiertură sau un terci gros. Există însă un mod mult mai gustos şi mai adaptabil de eliberare a amidonului, care necesită doar puţin mai multă preparare. În esenţă, pâinea nu este altceva decât un terci copt, dar reprezintă o modalitate de a obţine hrană pe care civilizaţia se bazează încă de la naşterea ei. Reţeta de bază este foarte simplă: se macină nişte cereale pentru a produce o făină pulverulentă se amestecă cu apă, iar aluatul obţinut se întinde şi se coace încet, eventual pe o piatră încinsă în foc. Se obţine astfel o lipie nedospită de tipul celor des întâlnite şi în zilele noastre sub numele de *chapati, naan, tortilla, khubz* sau pită.

Dar genul de pâine cu care suntem cel mai familiarizaţi în lumea occidentală este pâinea crescută, care mai are nevoie de un ingredient: drojdia. Drojdia este un microb, o ciupercă monocelulară, nu foarte diferită de ciupercile care încolţesc pe un trunchi putred de copac. Când se adaugă procesului de fermentare a unui aluat din făină, emană dioxid de carbon, care rămâne în aluat sub formă de bule şi produce o pâine pufoasă şi uşoară. Pentru aproape toate pâinile dospite din zilele noastre se foloseşte o anumită tulpină de drojdie: *Saccharomyces cerevisiae.* Te vei descurca mai bine dacă vei avea prezenţa de spirit să păstrezi o rezervă din acest microorganism atât de util înainte să dispară în agitaţia apocalipsului. Drojdia se găseşte în supermarketuri sub formă uscată, în pliculeţe, dar nu rezistă la nesfârşit. Dar cum vei putea să obţii de la zero microorganismele necesare pentru pregătirea pâinii?

Asemenea altor bacterii de fermentaţie, drojdia de care are nevoie pâinea pentru a creşte este prezentă în mod natural în boabele de cereale şi, prin urmare, în făina măcinată. Important este să izolezi bacteriile binefăcătoare de cele care ar putea fi dăunătoare. Pentru acest lucru, va trebui să joci rolul unui microbiolog primitiv şi să creezi un proces de selecţie care favorizează dezvoltarea germenilor doriţi. Ghidul

de mai jos se referă la izolarea microbilor potriviţi pentru a obţine un aluat, prima pâine dospită care a fost coaptă vreodată, acum circa 3500 de ani, în Egiptul antic – pâine populară şi azi printre brutari.

Se amestecă o cană de făină (pentru procesul iniţial, cea mai potrivită este făina integrală) cu apă (jumătate până la două treimi dintr-o cană); se acoperă şi se lasă să stea la căldură. După douăsprezece ore, se verifică existenţa semnelor de creştere şi fermentaţie, adică apariţia bulelor. În caz că nu se observă nimic, se amestecă şi se mai aşteaptă jumătate de zi Imediat ce începe fermentarea, se dă deoparte jumătate din cultură şi se înlocuieşte cu făină proaspătă şi apă în proporţii egale, repetând această înlocuire de două ori pe zi. În acest fel, cultura primeşte mai mulţi agenţi nutritivi, care îi permit să se reproducă, dublând teritoriul dezvoltării microbilor. După circa o săptămână, din momentul în care ai o cultură care miroase potrivit şi care creşte şi face bule după fiecare înlocuire (adică un fel de bacterie de casă căreia îi prieşte mâncarea pe care o primeşte), poţi extrage o parte din aluat pentru a coace pâine.

Se poate spune că, parcurgând acest proces repetitiv, ai creat un protocol rudimentar de selecţie microbiologică, adică ai limitat numărul tulpinilor sălbatice la cele care pot creşte hrănindu-se cu

amidonul din făină şi au rata cea mai rapidă de diviziune celulară la temperatura de 20–30°C. Aluatul rezultat nu este o cultură pură dintr-o singură tulpină izolată, ci o comunitate echilibrată de lactobacili capabili să desfacă moleculele complexe existente în grâu şi de drojdie care trăieşte din subprodusele lactobacililor şi elimină dioxid de carbon, făcând pâinea să crească. Acest tip de unire reciproc avantajoasă între diferite specii se numeşte relaţie simbiotică şi este o trăsătură frecvent întâlnită în biologie: de la bacteriile care fixează azotul, găzduite de rădăcinile leguminoaselor, până la bacteriile care ajută digestia, din măruntaiele noastre. Lactobacilii secretă şi acid lactic (la fel ca în cazul producerii iaurtului), care conferă acestei pâini gustul acrişor-înţepător, dar care are şi rolul de a exclude alţi microbi din cultură, păstrând comunitatea simbiotică din aluat minunat de stabilă şi rezistentă la intruziuni nedorite.

Dar nu toate făinurile pot fi folosite pentru a face pâine dospită, deoarece pentru a se forma un aluat maleabil, capabil să fixeze bulele de dioxid de carbon create de drojdie în timpul creşterii, este nevoie de prezenţa glutenului. Făina de grâu conţine gluten din abundenţă, aşa că din ea se face o pâine cu textură minunată, în timp ce făina de orz nu are gluten aproape

deloc. Orzul are însă o întrebuinţare şi mai plăcută decât pâinea zilnică.

Drojdiile care cresc într-un mediu bogat în oxigen, cum este coca, pot descompune moleculele alimentare până la dioxid de carbon (la fel cum face şi metabolismul uman). Dar, când drojdiile sunt cultivate în condiţii anaerobe, cu restricţie de oxigen, ele pot descompune zaharurile doar parţial, eliberând în schimb un produs rezidual aflat la baza fabricării berii: etanolul (alcoolul). Încă de la descoperirea lui, alcoolul ne-a ajutat pe mulţi dintre noi să ne simţim bine, dar are nenumărate alte utilizări şi merită efortul de a-l purifica în interesul reconstruirii civilizaţiei. Etanolul concentrat poate avea rol de combustibil (într-o spirtieră sau într-o maşină alimentată cu biocombustibil), de agent de conservare şi de antiseptic. Este şi un solvent capabil să dizolve o mulţime de compuşi insolubili în apă, mai ales în extragerea substanţelor chimice vegetale folosite în industria parfumeriei sau în producerea tincturilor medicale. Expus la aer pentru o vreme, alcoolul se transformă în oţet, lucru pe care îl ştie orice băutor de vin care a lăsat o sticlă deschisă câteva zile. Bacterii noi colonizează lichidul şi transformă etanolul în acid acetic; oţetul de masă sau de gătit are, de obicei, o concentraţie de 5–10% acid acetic diluat în apă, iar

soluţiile mai concentrate pot fi folosite la murat.

Spre deosebire de comunitatea microbiană mixtă din aluat, drojdia pură de cultură folosită la fabricarea berii nu poate descompune singură moleculele complexe de amidon din cereale, care trebuie mai întâi transformate în zaharuri fermentabile. Amidonul are funcţia biologică de sursă de energie care susţine planta tânără germinată până când aceasta face frunze şi se activează astfel propriul mecanism de descompunere a amidonului. Grăunţele de orz (sau chiar ale oricărei alte cereale) se ţin în apă vreme de o săptămână, într-o cameră umedă şi călduroasă, pentru a le încuraja să încolţească şi să-şi descompună amidonul în zaharuri accesibile (molecula de amidon este un lanţ lung de subunităţi glucidice). Pe urmă sunt uscate sau parţial coapte, pentru a diversifica culoarea şi aroma berii obţinute în final. Acest malţ este zdrobit şi amestecat cu apă fierbinte, pentru a se dizolva toate zaharurile, apoi filtrat şi transformat într-un must dulce la gust. Mustul este mai întâi fiert, pentru a evapora o parte din apă şi a concentra zaharurile, dar şi pentru a crea un mediu steril, în care să se adauge ulterior bacteriile de fermentaţie dorite. În cele din urmă, este răcit şi injectat cu drojdie dintr-un lot anterior, apoi lăsat să fermenteze circa o săptămână.

Un produs excepţional de util, care va trebui

procurat cât mai repede cu putinţă dintr-un supermarket, este o sticlă de bere care să conţină pe fund sediment de drojdie vie, în scopul de a păstra această bacterie pentru posteritate. Dar drojdiile necesare pentru producerea berii există din belşug şi în mediul înconjurător şi pot fi izolate din nou folosind un procedeu similar tehnicii de selecţie descrise mai sus. De fapt, culturile pure de drojdie folosite astăzi pentru producerea pâinii la scară industrială se trag din celulele descoperite iniţial în spuma de fermentare a berii, fiind izolate folosind instrumente microbiologice precum vasul Petri şi microscopul, descrise în Capitolul 7. Prin urmare, data viitoare când te ameţeşti de la băutură, aminteşte-ţi că materia cenuşie ţi-a fost uşor otrăvită de excrementele unei ciuperci monocelulare. Noroc!

Aproape orice sursă de zahăr (sau de amidon descompus în zahăr) poate fi transformată prin fermentare într-un produs alcoolic: mierea, strugurii, cerealele, merele şi orezul sunt transformate în mied, vin, bere, cidru şi, respectiv, sake. Dar indiferent de sursa din care se produce, alcoolul de fermentaţie poate ajunge doar la o concentraţie de circa 12%, înainte ca celulele de drojdie să se otrăvească cu etanolul excretat chiar de ele. Procesul purificării alcoolului în vederea atingerii unei concentraţii mai mari, prin separarea

etanolului de apă şi de orice alt reziduu de fermentaţie, se numeşte distilare – şi este o altă tehnologie foarte veche.

La fel ca în cazul extragerii sării dintr-o soluţie salină, separarea alcoolului din supa apoasă a substanţei fermentate se foloseşte de diferenţa dintre proprietăţile a două componente – în cazul de faţă, de faptul că etanolul are un punct de fierbere mai mic decât al apei. În cea mai simplă formă a sa, un aparat de distilat (alambic) nu are de ce să fie mai complicat decât cel folosit de nomazii mongoli pentru a-şi produce băutura: un vas în care amestecul fermentat este ţinut pe foc, un vas de colectare aşezat pe o poliţă deasupra lui şi un alt vas cu fund îngust, plin de apă rece, poziţionat direct deasupra amândurora; toată această instalaţie este apoi învelită. Focul încălzeşte amestecul fermentat, etanolul fiind primul care se evaporă şi care se condensează pe exteriorul recipientului cu apă rece, de unde picură în vasul de colectare central. Laboratoarele moderne nu fac decât să reproducă acest sistem elementar folosind vase de sticlă specializate, un termometru care anunţă dacă vaporii eliminaţi de amestec au o temperatură mai mare de 78°C (punctul de fierbere al etanolului) şi un arzător cu gaz echipat cu aport controlat de aer. Eficienţa procesului poate fi crescută folosind o coloană de fracţionare (un cilindru

vertical plin cu bile de sticlă), astfel încât vaporii ridicaţi din amestec să se condenseze şi să se evapore în mod repetat, mărind de fiecare dată concentraţia alcoolului, până când un vas de condensare aflat într-un alt recipient răcit cu apă colectează distilatul.

Folosirea căldurii şi a frigului

În final, vom analiza felul în care controlul temperaturii – folosind valori extreme de căldură sau de frig – a devenit inestimabil în conservarea alimentelor.

Tehnicile de conservare folosite de-a lungul istoriei – uscarea, sărarea, murarea, afumarea – sunt destul de eficiente, dar deseori schimbă gustul alimentelor şi nu reuşesc să păstreze perfect conţinutul nutritiv. Astfel, la începutul secolului al XIX-lea, un cofetar francez a inventat o nouă metodă: sigilarea alimentelor în borcane de sticlă, folosind un dop de plută şi ceară, iar apoi ţinerea borcanelor în apă fierbinte vreme de câteva ore. Curând după aceea, în loc de borcane, au început să fie folosite cutii metalice (azi folosim cutii de cositor, sau cel puţin de tablă cositorită, deoarece cositorul este unul dintre puţinele metale pe care aciditatea

alimentelor nu le corodează).[18] Din punctul de vedere al repornirii accelerate a civilizaţiei, este încurajator de observat că umanităţii nu i-a lipsit nicio tehnologie prealabilă pentru a dezvolta cu multe secole înainte principiul conservelor – probabil că şi talentaţii sticlari romani ar fi putut fabrica vase ce se puteau etanşa. Prin urmare, supravieţuitorii pot începe să conserve alimentele în recipiente etanşe la scurt timp după Cădere.

Principiul de bază al conservării în recipiente etanşe este inactivarea microbilor deja prezenţi cu ajutorul căldurii şi faptul că sigilarea previne orice recontaminare a alimentelor. O procedură înrudită, numită pasteurizare, presupune încălzirea rapidă a produsului până la 65–70°C, pentru a anihila alterarea sau dezvoltarea agenţilor patogeni. Este o metodă deosebit de eficientă în tratarea laptelui (fără a-l coagula) şi previne transmiterea la oameni a tuberculozei şi a bolilor gastrointestinale. Pentru o conservare cât mai sigură, alimentele care nu sunt deja acide sau murate ar trebui închise în cutii sub presiune

[18] Primele deschizătoare de conserve au apărut abia în anii 1860, la cinci zeci de ani după ce armata franceză a început să folosească alimente conservate în cutii de metal. Se considera că soldaţii pot să deschidă cutiile cu o daltă sau cu baioneta, iar nevoia apariţiei unui deschizător a apărut abia atunci când conservele de tablă au pătruns în piaţa de larg consum.

şi apoi expuse la temperaturi mai mari decât punctul normal de fierbere, pentru a steriliza complet conţinutul şi a distruge chiar şi sporii sau microbii rezistenţi la temperatură, cum sunt cei responsabili pentru apariţia botulismului.

Iată cum ne putem folosi de temperaturi înalte pentru a conserva vreme de mai mulţi ani rezerve importante de alimente. Dar ce putem face cu frigul?

Atunci când temperatura scade, activitatea de reproducere a microbilor este încetinită, la fel ca şi reacţiile chimice care fac untul să râncezească şi fructele proaspete să se înmoaie. Efectul de conservare al temperaturilor scăzute este cunoscut de multă vreme. Acum cel puţin 3000 de ani, chinezii adunau gheaţă iarna ca să păstreze alimentele în peşteri de-a lungul anului, iar în anii 1800, Norvegia era un important exportator de gheaţă în Europa Occidentală. Dar o etapă fundamentală a progresului civilizaţiei moderne o constituie capacitatea de a crea frig în mod artificial – un lucru mult mai complicat decât generarea de căldură. Folosirea legilor gazelor pentru crearea unor instalaţii frigorifice este utilă pentru împiedicarea alterării rapide a mâncării proaspete sau pentru congelarea ei în scopul păstrării pe termen lung. Dar o astfel de tehnică poate fi utilă şi în cazul depozitării eficiente a rezervelor de sânge din spitale şi în cel al

transportului vaccinurilor, ca să nu mai vorbim despre aparatele de aer condiţionat din clădiri sau despre distilarea aerului în scopul producerii de oxigen lichid. Vom analiza în detaliu cum funcţionează frigiderele, pentru că acest lucru ne oferă o perspectivă interesantă asupra adoptării tehnologiei şi asupra felului în care o societate incipientă ar putea să meargă pe căi foarte diferite.

Principiul care stă în spatele refrigerării este acela că lichidul, atunci când se transformă în gaz (vaporizarea), consumă din mediul înconjurător căldura necesară pentru procesul respectiv. Corpul nostru transpiră exact din acest motiv: pentru a ne răcori, iar o soluţie tehnică minimală pentru refrigerare foloseşte acest principiu al asudării. Oala Zeer, des întâlnită în Africa, este alcătuită dintr-un vas de lut cu capac, care se pune într-un alt vas mai mare, nesmălţuit, iar spaţiul dintre cele două vase se umple cu nisip umed. În timp ce se evaporă, umezeala extrage căldura din vasul interior, scăzându-i temperatura în acest fel, oala Zeer poate întârzia alterarea fructelor sau legumelor vreme de o săptămână sau mai mult.

Toate instalaţiile frigorifice mecanice acţionează bazându-se pe acelaşi principiu: controlul vaporizării şi apoi al recondensării unui „agent frigorific”. Vaporizarea (adică fierberea) consumă energie termică,

în timp ce condensarea o eliberează. Dacă poţi face ca etapa de vaporizare să se petreacă în ţevi instalate într-o cutie izolată, vei consuma căldura din acel spaţiu închis şi astfel interiorul se va răci (ceea ce îţi va permite să eliberezi căldura în exterior prin aripioare negre de radiator instalate în spatele dispozitivului).

Aproape toate frigiderele moderne forţează etapa de condensare – adică revenirea agentului frigorific la starea lichidă, pentru ca revaporizarea să permită continuarea ciclului de răcire – folosind un compresor electric. Există însă şi alte metode, cea mai simplă fiind cea a frigiderului cu absorbţie (însuşi Albert Einstein a contribuit la inventarea unei variante). În acest sistem, un agent frigorific, precum amoniacul, este condensat nu prin presurizare, ci prin simpla lui dizolvare (sau absorbţie) în apă. Agentul frigorific revine în circuit prin încălzirea amestecului amoniac-apă până la separarea amoniacului, care are un punct de fierbere mult mai redus (acelaşi principiu al distilării îl găsim la pag. 99), folosind o flacără cu gaz, un filament electric sau doar căldura soarelui. În felul acesta, un frigider cu absorbţie foloseşte în mod ingenios căldura ca să păstreze alimentele reci. Cum pompa compresorului nu are nevoie de un motor electric, acest sistem nu conţine componente mobile, deci elimină mult din nevoile de întreţinere sau din riscul de a se defecta. Şi

funcţionează fără să facă zgomot.

Dacă istoria reprezintă doar un episod urmat de un altul, atunci istoria tehnologiei reprezintă doar o invenţie urmată de o alta: o succesiune de dispozitive mai mult sau mai puţin utile care îşi îngroapă rivalii mai puţin dotaţi. Sau nu? Realitatea este rareori atât de simplă, şi trebuie să ne amintim că istoria tehnologiei este scrisă şi ea de învingători: invenţiile succesive ne dau iluzia unui progres rectiliniu şi constant, iar soluţiile pierzătoare dispar în întuneric şi uitare. Dar nu funcţionalitatea superioară este lucrul care determină întotdeauna succesul unei invenţii.

În istoria noastră, atât dispozitivele cu absorbţie, cât şi cele cu compresor au apărut şi s-au perfecţionat cam în acelaşi timp, dar numai ultimele au avut succes comercial şi domină actualmente piaţa. Acest rezultat se datorează în mare parte influenţei companiilor de electricitate, aflate atunci la început, care doreau să-şi asigure propria dezvoltare. Raritatea actuală a frigiderelor cu absorbţie (cu excepţia celor alimentate cu gaz din vehiculele recreaţionale, unde este foarte mare nevoie de dispozitive care să nu folosească electricitate) nu se datorează inferiorităţii lor tehnologice, ci unor factori economici şi sociali contingenţi. Pe piaţă ajung acele produse de pe urma cărora producătorii cred că pot obţine cel mai mare

profit, ceea ce depinde în mare parte de o infrastructură care se întâmplă să fie deja disponibilă. Aşadar, frigiderul de la tine din bucătărie face zgomot pentru că foloseşte un compresor electric, în loc să se bazeze pe modelul silenţios cu absorbţie, iar acest lucru nu ţine de superioritatea tehnică a mecanismului, cât de mediul socio-economic de la începutul secolului XX, când această soluţie a fost instituită. O societate care se reface după apocalips ar putea la fel de bine să adopte o altă traiectorie de dezvoltare.

Îmbrăcămintea

Am văzut în ce fel vasele folosite pentru gătit şi fermentare ajută digestia asemenea unui stomac extern şi cum pietrele de moară sunt ca nişte prelungiri ale măselelor. În aceeaşi ordine de idei, îmbrăcămintea reprezintă o altă aplicare a tehnologiei menită să ne sporească posibilităţile biologice, îmbunătăţindu-ne capacitatea de a ne păstra căldura corpului şi permiţându-ne să ne răspândim dincolo de savanele Africii de Est.

Până în urmă cu vreo 70 de ani – o nimica toată la scara civilizaţiei ne îmbrăcam cu produse naturale, de origine animală sau vegetală. Prima fibră sintetică, sau nailonul, a apărut abia odată cu izbucnirea celui de-al

Doilea Război Mondial, iar nivelul de sofisticare pe care trebuie să-l atingă chimia organică pentru a-l putea produce va rămâne pentru multă vreme dincolo de îndemânarea unei societăţi aflate la început de drum. Există, în consecinţă, o legătură profundă între felul în care ne-am hrănit şi cel în care ne-am îmbrăcat de-a lungul istoriei: agricultura speciilor de plante şi de animale domesticite ne furnizează nu doar o sursă temeinică de hrană, ci şi fibre care pot fi ţesute ori împletite în materiale textile, sau piei care pot fi transformate în articole de îmbrăcăminte. Iar tehnicile torsului şi ţesutului stau la baza altor funcţii fundamentale ale civilizaţiei: frânghii pentru legat, odgoane pentru macarale, pânze pentru ambarcaţiuni sau pentru palele morilor de vânt.

După ce hainele recuperate ale civilizaţiei trecute se vor fi deteriorat, noua societate va trebui să găsească fibre potrivite în lumea naturală. Surse vegetale pot fi tulpinile de cânepă, iută şi în (pentru pânză); frunzele de sisal, yucca şi agave; fibrele pufoase care înconjoară seminţele de bumbac şi de capoc. Fibrele animale pot fi obţinute din părul multor mamifere cu blană, deşi cel mai des folosite sunt lâna de oaie şi de lamă, în vreme ce mătasea poate fi obţinută din coconul unei insecte, fluturele *Bombyx mori.* În acest fel, atât o căciulă de lână, cât şi o rochie fină de mătase sunt alcătuite dintr-o

proteină nu foarte diferită de cea pe care o găsim într-o friptură, în timp ce un sacou de in sau o cămaşă de bumbac sunt făcute din aceeaşi materie primă aflată la baza unui ziar: molecule de zahăr legate între ele pentru a forma fibre vegetale de celuloză.

Care sunt, aşadar, cerinţele de bază pentru a transforma ghemotoacele de fibre naturale adunate din bumbac sau de pe oi în haine care să te ţină în viaţă? Vom începe cu procedeele şi tehnicile cele mai rudimentare, iar ulterior vom urmări cum au fost ele dezvoltate de mecanizarea începută odată cu revoluţia industrială din Marea Britanie, la sfârşitul secolului al XVIII-lea. Ne vom concentra mai ales asupra lânii, fibră care în cazul unui cataclism poate fi mai uşor de obţinut pe o arie geografică mult mai întinsă decât bumbacul sau mătasea.

După ce lâna tunsă este curăţată de resturile de vegetaţie, se spală în apă caldă cu săpun, pentru a înlătura cât mai mult din grăsimea care acoperă firele. Apoi trebuie scărmănată, adică pieptănată în mod repetat între două scânduri acoperite cu ace, pentru a o transforma într-un mănunchi pufos de fire îndreptate şi aliniate. „Caierul" obţinut astfel este acum gata de tors.

Scopul torsului este acela de a transforma un mănunchi pufos de fibre scurte într-un fir lung şi rezistent Se poate face acest lucru fără a folosi niciun fel

de unelte, doar trăgând uşor o cantitate mică de fibre din mănunchi şi răsucindu-le apoi între degetul mare şi arătător, până se transformă într-un fir subţire. Deşi acest rezultat se poate obţine doar cu mâinile, operaţiunea durează extrem de mult, deci ar fi ideal de folosit o tehnologie care să uşureze această treabă. Roata de tors reuşeşte să îndeplinească ambele cerinţe: să tragă din caier suficient material, pe care apoi să-l răsucească pentru a produce un fir rezistent.

Roata mare este acţionată cu mâna sau cu piciorul (prin intermediul unei pedale) şi este legată de fus printr-o curea sau o frânghie, pentru a-l face să se rotească mai rapid. Mecanismul de bază al maşinii de tors, flaierul, a fost inventat de Leonardo da Vinci în jurul anului 1500 şi este una dintre puţinele idei ale inventatorului care au fost puse în practică în timpul vieţii sale. Aripile laterale în formă de U se rotesc ceva mai repede decât axul însuşi, iar fibrele desprinse din caier sunt dirijate printr-un şir de cârlige de-a lungul unuia dintre braţe, înainte de a fi înfăşurate pe mosorul principal. Acest dispozitiv simplu şi ingenios răsuceşte simultan fibrele şi înşiră firul pe o bobină de aţă, ce poate fi folosită ulterior. Chiar şi aşa, să produci suficient fir de ţesut sau împletit cu maşina de tors era o muncă ce consuma atât de mult timp, încât o îndeplineau doar fetele foarte tinere sau femeile mai în

vârstă, dar nemăritate.

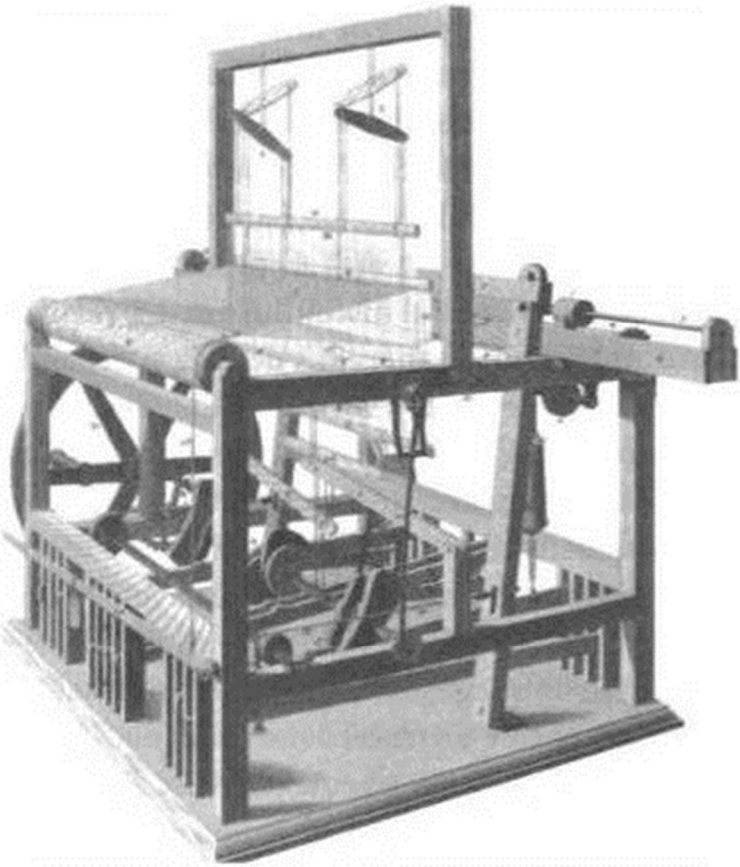
Pentru a face un fir mai rezistent, îl poţi răsuci laolaltă cu un altul; iar dacă cele două fire sunt răsucite în direcţia opusă celei în care au fost toarse iniţial, ele se prind foarte bine unul de celălalt şi nu se mai desfac. Combinaţia se poate repeta până rezultă frânghii mai groase decât propriul braţ, capabile să suporte o greutate de câteva tone – totul pornind de la fibre care, de unele singure, sunt foarte fragile şi au doar câţiva centimetri.

Rostul principal al firelor toarse este însă producerea unor ţesături. Uită-te bine la hainele pe care le porţi chiar în acest moment. Cămăşile au de obicei o ţesătură fină, motiv pentru care vei vedea tiparele mai clar la un sacou de lână, un tricou sau un pantalon din material mai rezistent, de tipul blugilor. Vei observa de asemenea tot felul de tipare folosite la perdele, pături, aşternuturi de pat, pilote, huse pentru canapea sau covoare.

Nu ne vom ocupa acum de aceste tipare, dar ar trebui să se vadă clar că orice fel de pânză sau de stofă este făcută din două seturi de fire dispuse perpendicular unul faţă de celălalt şi petrecute unul pe sub celălalt. Primele, numite fire de urzeală, reprezintă structura ţesăturii şi trebuie să fie mai puternice – ele sunt răsucite în două sau în patru – decât cele de bătătură,

care traversează liniile paralele ale urzelii şi le leagă laolaltă.

Ţesutul este o operaţiune ce se efectuează cu ajutorul unui război de ţesut, a cărui funcţie de bază este să ţină paralele firele de urzeală, ridicând sau coborând unele dintre ele pentru a putea introduce firele de bătătură. Cel mai rudimentar război de ţesut este format din două beţe – unul legat de un copac şi celălalt fixat în pământ – care întind între ele firele de urzeală, însă războaiele mai complexe întind urzeala pe un cadru orizontal.



Război de ţesut. Fusceii ridică un rând de fire din urzeală pentru a permite firului de bătează să fie introdus printre ele.

Pregătirea războiului începe prin înfăşurarea unui fir neîntrerupt pe toată lungimea cadrului orizontal, formând un grătar de iţe, adică de linii de urzeală paralele. Componenta de bază a războiului este fuscelul: dispozitivul de separare şi dirijare a firelor de urzeală care permite ridicarea sau coborârea anumitor grupuri de iţe (vom reveni imediat la această operaţiune). Pe urmă, bătează este introdusă prin

spaţiul astfel creat printre iţe, iţele se coboară, pe urmă se ridică cele care au fot coborâte anterior şi se trece cu un nou fir de bătează printre ele, creând astfel ţesătura rând cu rând.

Varierea grupurilor de fire de urzeală care se ridică sau se coboară permite schimbarea modului în care se ţese băteala, obţinând astfel tipare diferite de ţesătură. În cazul celei mai simple ţesături, firul de bătează trece în mod succesiv pe deasupra şi pe dedesubtul câte unui fir de urzeală, dând naştere unei reţele uniforme de fire întreţesute – acesta este procedeul standard pentru în. Un model mai avansat al fuscelului poate fi realizat folosind o scândură lungă cu un şir alternativ de fante şi de găuri, prin care trece, individual, câte un fir de urzeală. Când această scândură rigidă urcă sau coboară, se mişcă doar firele prinse în găuri, pe când cele din fante nu sunt afectate, permiţând astfel trecerea alternativă a firului de bătează printre şirurile de iţe ridicate sau coborâte.

Tiparele şi mai elaborate de ţesături au nevoie de instrumente mai complexe decât scândura rigidă. Un sistem foarte versatil îl reprezintă un şir de iţe agăţate de un mâner orizontal, toate având la aceeaşi înălţime câte un fuscel dotat cu un nod sau un ochi metalic, astfel încât numai iţele trecute prin fuscel se ridică odată cu dispozitivul. Fiecare grup de iţe este acţionat

de un mâner individual şi cu cât este mai complex modelul, cu atât există mai multe mânere independente ce acţionează fusceii necesari pentru a controla mişcarea iţelor. De exemplu, pentru un tipar în diagonală, băteala trece direct peste câteva iţe (flotare), firele plutitoare rămânând prinse între rânduri. Numărul redus de întreţeseri, datorat faptului că urzeala şi băteala plutesc una peste cealaltă, îi conferă ţesăturii flexibilitate şi confort sporite, dar permite şi strângerea mai puternică a firelor, făcând materialul mai rezistent. Materialul de blugi (denimul), de exemplu, este o ţesătură diagonală cu raport de 3/1, adică băteala trece peste trei fire de urzeală înainte să treacă pe sub unul.

Indiferent dacă veşmintele tale sunt cusute din piele sau din material ţesut, următoarea problemă este purtarea lor pe corp. Cum fermoarele şi banda velero sunt variante prea complexe pentru a fi fabricate de o societate aflată la început de drum, nu rămâne decât ca materialul să fie fixat într-un mod uşor de desfăcut.

Cu toate astea, cea mai simplă soluţie n-a fost folosită de nicio civilizaţie străveche, chiar dacă acum este universal răspândită. În mod uimitor, simplul nasture n-a devenit ceva obişnuit în Europa decât la mijlocul secolului al XIV-lea. Culturile orientale nu l-au descoperit niciodată, iar japonezii au fost absolut

fermecaţi când au văzut primii nasturi aduşi de negustorii portughezi în secolul al XV-lea. În ciuda simplităţii acestui concept, posibilităţile oferite de nasture sunt revoluţionare. Mulţumită acestui obiect, care se putea fabrica şi folosi cu uşurinţă, hainele nu mai trebuiau să fie largi şi fără formă, pentru a putea fi trase peste cap. Astfel, hainele au putut fi încheiate în faţă, ceea ce a permis o croială mai strânsă, dar comodă: o adevărată revoluţie a modei.

După ce va trece o vreme de la repornirea civilizaţiei, când populaţia postapocaliptică va începe să crească, va exista o presiune tot mai mare pentru automatizarea proceselor repetitive şi mari consumatoare de timp pe care le presupune obţinerea ţesăturilor, pentru a maximiza producţia şi a reduce cantitatea de muncă. Vei descoperi însă că atât mecanizarea diferitelor stadii de producţie (scărmănatul, torsul, ţesutul), cât şi aplicarea forţei mecanice necesare acestui proces se vor dovedi mai dificile decât, să spunem, măcinatul boabelor de cereale sau obţinerea pulpei lemnoase folosite în producerea hârtiei. Multe dintre procedeele presupuse de producerea ţesăturilor sunt foarte delicate şi se pot face doar cu vârfurile degetelor – cum este, de exemplu, toarcerea unui fir foarte subţire fără a-l rupe. Altele, precum ţesutul, cer o succesiune complicată de acţiuni, care trebuie să se petreacă exact

la timpul potrivit. Toate aceste lucruri sunt greu de reprodus în mod satisfăcător folosind mecanisme rudimentare.

Cheia progresului războiului elementar de ţesut pe care l-am descris a fost inventarea suveicii. Cel mai simplu mod de a trece firul de bătaie printre iţele ridicate sau coborâte constă în folosirea unui fel de mosor aruncat printre iţe dintr-o mână în cealaltă, de-a curmezişul războiului. Operaţiunea este însă lentă şi limitează lăţimea ţesăturii la cât poţi cuprinde cu braţele. Suveica este un mosor prins într-o bucată grea de lemn în formă de barcă, trasă cu o sfoară dintr-o parte în cealaltă a războiului pe suprafaţă netedă, timp în care eliberează firul de bătaie. Această invenţie nu numai că îi permite ţesătorului să lucreze cu o urzeală mult mai lată, dar reuşeşte şi să accelereze întreg procesul de ţesere. Ea a permis în cele din urmă ca războiul de ţesut să devină complet mecanic, acţionat de o roată de apă, un motor cu abur sau unul electric, îngăduindu-i unui singur ţesător să se ocupe simultan de mai multe războaie. Primele războaie mecanizate puteau ţese un rând pe secundă, în vreme ce maşinăriile moderne pot deplasa bătătura peste urzeală cu 100 km/h.

Pe lângă producerea de hrană şi îmbrăcăminte, una dintre priorităţi va fi şi refacerea tuturor substanţelor

naturale, precum şi a derivatelor acestora, esenţiale pentru susţinerea civilizaţiei. Şi în acest caz este de dorit ca supravieţuitorii apocalipsului să înveţe mai degrabă să creeze lucruri prin forţe proprii decât să le adune din rămăşiţele societăţii noastre moarte. Să vedem, aşadar, cum se poate reporni de la zero o industrie chimici.

Substanţele

„Ţipetele păsărilor care şi-au făcut cuib acolo şi zgomotul îndepărtat al oceanului lovindu-se de reciful artificial format din părţi ruginite de automobile, cărămizi şi moloz l-ar putea face să creadă că e în vacanţă."

Margaret Atwood, *Oryx şi Crake*[19]

Substanţele chimice sunt destul de prost privite în societatea modernă. Ni se spune mereu că anumite alimente sunt sănătoase pentru că nu conţin compuşi chimici artificiali, ba chiar am văzut sticle de apă cu mesajul „Fără substanţe chimice". De fapt, însăşi acea apă pură este o substanţă chimică, tot aşa cum este

---

[19] Margaret Atwood, *Oryx şi Crake,* trad. de Florin Irimia, Editura Art, Bucureşti, 2017. (N. tr.).

întreaga alcătuire a corpului nostru. Chiar înainte ca omenirea să devină sedentară şi să întemeieze, în Mesopotamia, primele aşezări, existenţa noastră depindea de extragerea, manipularea şi exploatarea deliberată a unor substanţe chimice naturale. De-a lungul secolelor, am învăţat modalităţi noi de a modifica anumite substanţe, transformându-le pe cele care erau mai uşor de extras din mediul înconjurător în ceea ce ne trebuia, producând astfel materiile prime aflate la baza civilizaţiei. Reuşita noastră ca specie nu se bazează numai pe stăpânirea agriculturii şi a creşterii animalelor, sau pe folosirea uneltelor şi a sistemelor mecanice pentru a ne uşura munca ci provine şi din priceperea cu care reuşim să producem substanţe şi materiale care au proprietăţi exploatabile.

Diferitele categorii de compuşi chimici sunt asemănătoare trusei de scule a unui tâmplar, fiecare dintre ele potrivindu-se pentru o anumită sarcină, iar noi le utilizăm pentru a transforma materia primă în produsele de care avem nevoie, folosind unelte diferite pentru activităţi diferite. Vom vedea că lanţurile lungi de compuşi de tipul hidrocarburilor reprezintă bune rezerve de energie, dar în acelaşi timp resping eficient apa, deci vor fi elemente esenţiale pentru impermeabilizarea materialelor. Ne vom îndrepta atenţia asupra mai multor solvenţi folosiţi în extracţie

sau purificare şi vom cerceta modul în care au fost folosite de-a lungul istoriei substanţele alcaline şi opuşii lor chimici, acizii, pentru numeroase procese esenţiale. Vom vedea cum anumite substanţe chimice sunt capabile să le „reducă” pe altele, privându-le de oxigen – o caracteristică fundamentală pentru producerea metalelor pure –, în timp ce altele sunt cunoscute drept agenţi de oxidare şi au exact efectul contrar: de exemplu, accelerează combustia. Vom ajunge mai târziu în carte să discutăm despre substanţele chimice care produc electricitate, ne permit să captăm lumina ca să facem fotografii şi eliberează rapid o cantitate mare de energie, necesară pentru explozii.

Mă voi concentra aici asupra câtorva dintre substanţele şi procesele chimice ce pot fi imediat implementate, o mică parte din marele întreg. Chimia, în plenitudinea ei, este o vastă reţea de conexiuni, de posibile transformări şi de reacţii între diferiţi compuşi, şi va fi nevoie de un mare efort postapocaliptic pentru a explora din nou multiplele aspecte ale acestui teritoriu, pentru a reconstitui cele mai eficiente metode, pentru a redescoperi proporţiile ideale în care se combină reactivii şi pentru a determina formulele chimice şi structurile moleculare corecte.

Producerea energiei termice

De-a lungul timpului, omenirea a devenit tot mai pricepută în stăpânirea combustiei, adică în exploatarea focului. Multe dintre funcţiile de bază ale civilizaţiei se bazează pe transformările chimice sau fizice produse de căldură: topirea, forjarea şi turnarea metalelor; fabricarea sticlei; rafinarea sării; producerea săpunului; arderea calcarului; arderea cărămizilor; fabricarea ţiglei şi a conductelor de apă din lut; albirea textilelor; coacerea pâinii; fabricarea berii şi distilarea alcoolului; precum şi implementarea proceselor avansate de Solvay şi Haber, la care vom reveni într-un capitol ulterior. Exploziile rapide din pistoanele motoarelor cu ardere internă ne pun în mişcare maşinile şi camioanele, iar, de fiecare dată când apeşi pe întrerupătorul electric de acasă, cel mai probabil foloseşti tot foc, a cărui energie, exploatată într-un loc îndepărtat, este extrasă, transformată şi apoi trimisă prin fire până la becul electric din casa ta. Se pare că civilizaţia tehnologică modernă depinde de foc în aceeaşi măsură în care depindeau şi strămoşii noştri, care îl foloseau pentru a găti în perioada primelor aşezări omeneşti. Astăzi, cea mai mare parte din energia termică de care avem nevoie este furnizată, direct sau indirect (prin intermediul electricităţii), de

arderea combustibililor fosili: petrol, cărbune şi gaz natural. Într-adevăr, una dintre tehnologiile importante care au demarat revoluţia industrială a fost producerea de cocs din cărbune şi folosirea acestui combustibil la multe dintre procesele enumerate mai sus, în special la topirea fierului şi producerea oţelului. Începând de atunci, progresul civilizaţiei noastre nu s-a făcut prin mijloace sustenabile (prin regenerarea aceleiaşi energii consumate), ci s-au prădat pur şi simplu depozitele de combustibili fosili – adică energie conţinută de materie vegetală transformată şi acumulată de-a lungul a milioane de ani.

Unei societăţi lovite de o catastrofă apocaliptică s-ar putea să-i fie greu să-şi furnizeze energia termică necesară odată ce se vor termina rezervele din benzinării şi din depozitele de gaz. Majoritatea rezervelor uşor accesibile de combustibili fosili de bună calitate au fost deja epuizate: abundenţa de energie accesibilă care ne-a dat posibilitatea să ne dezvoltăm uşor prima oară s-a terminat. Petrolul nu se mai găseşte la adâncimi mici, iar pentru a obţine cărbune suntem nevoiţi să săpăm din ce în ce mai adânc în măruntaiele pământului, folosind tehnici tot mai sofisticate de

drenare, ventilare şi prevenire a surpărilor.[20] Pe glob au mai rămas rezerve mari de cărbune – SUA, Rusia şi China deţin împreună peste 500 de milioane de tone dar cărbunele lesne accesibil a fost deja extras. Unele dintre grupurile de supravieţuitori ai apocalipsului ar putea avea norocul să găsească zăcăminte de cărbune exploatabile de la suprafaţă, dar, chiar şi aşa, repornirea civilizaţiei va trebui, probabil, să se bazeze pe energie verde.

Aşa cum am văzut în Capitolul 1, la câteva decenii după cataclism, pădurile vor recuceri zona rurală, ba chiar şi oraşele abandonate. Puţini supravieţuitori vor simţi lipsa lemnului de foc, mai ales dacă vor întreţine subarboret care creşte rapid. Odată ce a fost tăiat, un frasin sau o salcie va creşte la loc din propriul ciot şi, în cinci-zece ani, va fi gata din nou de tăiat, un hectar de pădure furnizând în medie între cinci şi zece tone de

---

[20] Economiştii evaluează calitatea unei rezerve de combustibil calculând randamentul energetic (Energy Return On Energy Invested, EROEI), care arată cât de multă energie utilizabilă poate fi extrasă dintr-un zăcământ de combustibil fosil în raport cu întreaga energie folosită pentru procesele de extracţie, rafinare şi prelucrare a lui De exemplu, primele câmpuri petrolifere exploatate comercial în Texas la începutul secolului XX erau foarte uşor de accesat şi aveau un scor EROEI de aproape 100 - adică furnizau de o sută de ori mai multă energie decât cea folosită pentru extracţie. în prezent, pe măsură ce rezervele se diminuează, este nevoie de un efort tot mai mare pentru pompare (la care se adaugă şi problemele presupuse de platformele petroliere marine), motiv pentru care scorul EROEI a scăzut la 10.

lemn pe an. Buştenii sunt potriviţi pentru a încălzi casa, dar pentru nevoile practice ale unui proces îndelungat de reconstrucţie vei avea nevoie de un combustibil care să emită temperaturi mai ridicate decât cele produse de lemn Iar asta va impune relansarea unei practici străvechi: producerea cărbunelui din lemn.

Pentru obţinerea acestui combustibil, lemnul este ars cu un aport de oxigen limitat, astfel încât să nu ardă complet, ci să se carbonizeze. Substanţele volatile precum apa sau alte molecule mici şi uşoare care se transformă uşor în gaz sunt astfel eliminate din lemn, iar compuşii complecşi care constituie lemnul sunt şi ei descompuşi de căldură (lemnul este astfel pirolizat), lăsând în urmă bucăţi de carbon aproape pur. Nu numai că acest cărbune produce, prin ardere, o temperatură mult mai mare decât lemnul (având în vedere că a pierdut toată umezeala şi a rămas numai carbonul), dar pierderea a circa o jumătate din greutatea iniţială îl face mult mai compact şi mai uşor de transportat.

Metoda tradiţională folosită pentru această transformare anaerobă a lemnului – adică meşteşugul cărbunarului – consta în construirea unui rug de buşteni cu un spaţiu gol în mijloc, apoi acoperirea întregii grămezi cu lut sau cu turbă. Grămada era aprinsă printr-o gaură de deasupra, apoi arderea

mocnită era urmărită atent şi controlată, pentru a dura câteva zile. Poţi obţine mai uşor aceleaşi rezultate săpând un şanţ larg şi umplându-l cu lemn, dându-i foc şi apoi acoperindu-i cu bucăţi de tablă şi cu pământ, pentru a limita aportul de oxigen. Lasă apoi lemnul să ardă mocnit şi să se răcească. Cărbunele de lemn se va dovedi un combustibil indispensabil pentru repornirea anumitor industrii esenţiale: de exemplu, producerea de oale, cărămizi, sticlă şi metal, la care ne vom referi în capitolul următor. Dacă te afli într-o regiune cu bazine carbonifere accesibile, cărbunele va redeveni cu certitudine o sursă irezistibilă de energie termică. O singură tonă de cărbune poate produce la fel de multă energie cât lemnul de foc produs într-un an. Însă problema cărbunelui extras din pământ este că nu arde cu o temperatură la fel de mare ca a cărbunelui de lemn. Problema cărbunelui minier este că nu emite prin ardere o temperatură la fel de ridicată precum cea a cărbunelui de lemn. În plus, este destul de murdar: fumul lui poate păta produsele la confecţionarea cărora este folosit, precum pâinea sau sticla, iar impurităţile de sulf pot face oţelul sfărâmicios şi dificil de forjat.[21]

---

[21] În multe privinţe, cărbunele de lemn este un combustibil superior cărbunelui minier şi nici vorbă să fi rămas doar în cărţile de istorie. Brazilia, de exemplu, beneficiază de mari resurse de lemn, dar are puţine mine de cărbune - situaţie care se va întâlni, probabil, pe arii şi mai întinse în lumea postapocaliptică, odată

Pentru a fi folosit eficient, cărbunele minier va trebui să fie mai întâi cocsificat, tehnică asemănătoare carbonizării lemnului. Prin urmare, acest cărbune este copt într-un cuptor cu aport restricţionat de oxigen, pentru a elimina substanţele volatile şi impurităţile, care, asemenea produselor distilării uscate a lemnului, au propria utilitate şi ar trebui să fie condensate şi colectate.

Arderea mai furnizează şi lumină, iar, până când noua societate va reface reţelele electrice şi va reinventa becul, supravieţuitorii vor fi nevoiţi să se bazeze pe lămpi cu ulei şi pe lumânări.[22] Datorită compoziţiei lor chimice, uleiurile vegetale şi grăsimile animale sunt foarte potrivite să devină surse condensate de energie pentru arderea controlată. Principala trăsătură a

---

cu noua dezvoltare a pădurilor -, devenind astfel ţara cu cea mai mare producţie de cărbune de lemn din lume. O parte din el este folosit în furnale pentru a produce fontă, care este exportată în SUA şi în alte părţi din lume, unde se transformă în oţel pentru maşini şi ustensile de bucătărie. O parte importantă din acest cărbune de lemn se bazează pe materia primă obţinută din păduri de cultură, fapt care oferă astfel posibilitatea producerii de „oţel verde".

[22] Astăzi, considerăm felinarele şi lumânările nişte tehnologii de rezervă, păstrate ca resurse uşor de întreţinut pentru situaţiile în care nu mai funcţionează celelalte soluţii avansate. Dar tehnologiile rudimentare mai oferă şi senzaţia de ocazie specială, ca în cazul unui atelaj tras de cai la o înmormântare sau o cină romantică la lumina lumânărilor. Sub acest aspect, anumite tehnologii vechi nu vor deveni niciodată depăşite: se vor păstra, dar cu alte funcţii decât cea de bază. Pentru supravieţuitori, aceste metode vor deveni după apocalips soluţii cu adevărat promiţătoare.

acestor compuşi constă în nesfârşitele lor lanţuri de hidrocarburi, adică lungi ghirlande alcătuite din atomi de carbon, flancate de atomi de hidrogen asemănători unor picioruşe îndesate de omizi. Energia acestor lanţuri de hidrocarburi, conţinută în legăturile chimice care ţin laolaltă diferiţii atomi, nu aşteaptă decât să fie eliberată. În timpul combustiei, acest compus pur şi simplu se desface, iar atomii se unesc cu oxigenul: hidrogenul se combină şi formează H_2O, adică apă, iar structura de carbon se fragmentează şi se degajă sub formă de dioxid de carbon. Această desfacere rapidă a moleculelor lungi şi grase în timpul oxidării eliberează un torent de energie, adică lumina caldă a unei flăcări de lumânare.

Un vas de lut cu un cioc găurit, sau chiar o scoică mai mare, poate fi o perfectă lampă cu ulei rudimentară. Un fitil confecţionat din fibre vegetale de in sau chiar de papură trage combustibilul lichid din vasul rezervor, pe care căldura flăcării îl evaporă şi apoi îl arde. Parafina (kerosenul) a fost folosită frecvent cu rol de combustibil lichid pentru lămpi încă din jurul anului 1850 (iar astăzi propulsează printre nori avioane comerciale), însă este obţinută prin distilarea fracţionată a ţiţeiului şi va fi dificil de produs după prăbuşirea civilizaţiei tehnologice moderne. Este suficient însă orice lichid uleios: uleiul de rapiţă sau de

măsline, sau chiar untul clarifiat.

Lumânarea nu are nevoie neapărat de un vas, pentru că propriul ei combustibil rămâne solid până când începe să se topească într-o mică baltă în jurul flăcării – prin urmare, acest obiect nu-i altceva decât un cilindru de combustibil solid cu un fitil în mijloc. Pe măsură ce combustibilul arde şi se topeşte, fitilul se expune tot mai mult şi produce o flacără mai mare şi mai fumegândă, fiind necesar să fie scurtat periodic. O inovaţie care ne-a scutit de această bătaie de cap şi care nu i-a trecut nimănui prin minte până în anul 1825 este împletirea fibrelor din care este format fitilul, astfel încât să formeze o bandă aplatizată ce se curbează de la sine şi poate fi consumată de flacără.

Lumânările moderne sunt făcute dintr-o ceară obţinută din ţiţei, iar ceara de albine va fi mereu o resursă limitată, dar vei putea confecţiona oricând o lumânare perfect funcţională folosind grăsime animală topită în prealabil. Fierbe resturi de carne în apă cu sare şi culege stratul de grăsime care se întăreşte deasupra. Din grăsimea de porc vor ieşi lumânări care miros mai tare şi fumegă mai mult, dar seul de vită şi de oaie sunt acceptabile. Se toarnă seul topit într-o formă sau se înmoaie un şir de fitiluri în seu topit până se învelesc bine şi se lasă apoi să se răcească şi să se întărească. Repetă apoi operaţiunea, adunând strat de seu după

strat de seu, până când obţii lumânări suficient de groase.

Varul

Prima substanţă pe care o societate postapocaliptică va trebui să înceapă s-o extragă şi s-o prelucreze este carbonatul de calciu, deoarece multitudinea utilizărilor sale îl face absolut indispensabil pentru funcţionarea de bază a oricărei civilizaţii. Acest compus simplu (alături de derivaţii săi uşor de produs) poate fi folosit pentru relansarea productivităţii agricole, pentru menţinerea igienei, pentru purificarea apei, pentru topirea metalelor şi pentru producerea sticlei; permite, de asemenea, obţinerea unui material esenţial pentru reconstrucţie, precum şi reactivi indispensabili pentru repornirea industriei chimice.

Coralii şi scoicile reprezintă surse foarte pure de carbonat de calciu; la fel şi creta. În realitate, creta este tot o rocă de natură biologică – falezele albe de la Dover sunt, de fapt, un strat gros de 100 de metri de scoici comprimate, care s-au aflat cândva pe fundul unei mări. Dar cea mai răspândită sursă de carbonat de calciu este calcarul. Din fericire, calcarul este relativ moale şi poate fi spart dintr-o carieră fără prea mari bătăi de cap, folosind ciocane, dălţi şi târnăcoape. Poţi

folosi şi un ax de oţel de la un vehicul cu motor, pe care îl ascuţi la un capăt prin forjare şi îl înfigi în mod repetat în rocă pentru a obţine un şir de găuri. În aceste găuri introduci apoi ţăruşi de lemn care se păstrează uzi, astfel încât să se umfle şi să fisureze în cele din urmă roca. Dar foarte curând vei dori să reinventezi explozibilii, pentru a scăpa de această muncă istovitoare.

Carbonatul de calciu este folosit ca atare pentru pregătirea terenurilor agricole şi mărirea productivităţii lor. Este foarte indicat să presari cretă sau calcar pisat pe solurile acide, pentru a le reface neutralitatea pH-ului. După cum am discutat în Capitolul 3, solurile acide scad cantitatea de substanţe nutritive esenţiale plantelor, în special fosforul, lucru care afectează în timp culturile. Amendarea solului cu calcar sporeşte eficienţa oricărui tip de îngrăşământ natural sau artificial pe care îl vei folosi.

Însă cele mai multe nevoi ale civilizaţiei sunt satisfăcute în urma transformărilor chimice pe care le suferă calcarul atunci când este încălzit. Dacă vei calcina carbonatul de calciu într-un cuptor suficient de încins (la cel puţin 900°C), mineralul se descompune în oxid de calciu, eliberând dioxid de carbon. Substanţa obţinută, numită de obicei var nestins, este foarte caustică şi poate fi folosită pentru dezinfectarea

gropilor comune – care ar putea fi deosebit de necesare după apocalips. O altă substanţă cu multe întrebuinţări se obţine prin combinarea atentă a acestui tip de var cu apa. Varul nestins reacţionează puternic în contact cu apa, făcând-o să fiarbă. Din punct de vedere chimic, oxidul de calciu rupe în două moleculele de apă, producând astfel hidroxid de calciu, care se mai numeşte şi var stins.

Varul stins este puternic alcalin şi caustic şi are o mulţime de utilizări. Dacă vrei pereţi albi, care să păstreze răcoarea în clădirile din zonele cu climă toridă, amestecă var stins cu cretă şi vei obţine lapte de var. Varul stins poate fi folosit şi la tratarea apei reziduale, pentru că ajută particulele aflate în suspensie să se sedimenteze, limpezind apa şi pregătind-o pentru alte tratamente. Este totodată un produs indispensabil în construcţii, după cum vom vedea în capitolul următor. Putem spune că, fără var stins, oraşele n-ar arăta aşa cum le ştim acum. Dar să începem prin a vedea cum putem transforma calcarul în var nestins.

Pentru arderea calcarului, fabricile de var moderne folosesc cilindri rotativi de oţel încălziţi cu ajutorul unor flăcări alimentate cu păcură, dar în lumea postapocaliptică vei fi nevoit să te limitezi la metode mai rudimentare. Dacă îţi dai toată silinţa, poţi arde calcarul în mijlocul unui foc puternic de lemne făcut în

fundul unui puţ, iar apoi poţi folosi cantitatea mică de var produsă ca să fabrici mortarul cu care să construieşti un cuptor nou, căptuşit cu cărămizi, pentru a produce mai eficient varul nestins.

Cea mai accesibilă tehnică de ardere a calcarului este cuptorul vertical cu alimentare mixtă. Seamănă cu un coş de fum înalt umplut cu straturi alternative de material combustibil şi de calcar ce urmează să fie calcinat. Aceste structuri sunt construite de obicei lângă un deal abrupt, pentru a avea un punct de sprijin şi o izolare eficientă. Pe măsură ce calcarul coboară prin acest coş, este mai întâi uscat de ascensiunea aerului fierbinte, apoi calcinat în zona de combustie, urmând să se răcească în partea de jos. Varul nestins este sfărâmicios şi poate fi scos afară printr-o deschizătură inferioară. Pe măsură ce combustibilul se consumă şi se transformă în cenuşă, iar varul nestins cade la baza cuptorului, poţi alimenta la nesfârşit toată instalaţia cu noi straturi succesive de combustibil şi calcar, folosind deschizătura superioară.

Pentru stingerea varului este nevoie de un recipient de mică adâncime plin cu apă: poţi folosi o cadă recuperată dintr-o clădire. Tot ce trebuie să faci este să adaugi în permanenţă var nestins şi apă, astfel încât amestecul să rămână chiar sub punctul de fierbere, asigurându-te, în funcţie de căldura degajată, că reacţia

chimică se produce rapid. Particulele fine rezultate vor face apa din cadă să devină lăptoasă, apoi se vor aşeza treptat pe fundul căzii şi se vor aglutina, pe măsură ce absorb mai multă apă. După ce scurgi apa de var, vei rămâne cu un sediment vâscos de mastic de var stins. Vom vedea în Capitolul îi cum se foloseşte această apă de var pentru a fabrica praf de puşcă, dar să analizăm mai întâi o altă întrebuinţare folositoare a varului stins: crearea unei arme chimice capabile să lupte împotriva hoardelor de microorganisme.

Săpunul

Săpunul poate fi fabricat cu uşurinţă din substanţe de bază aflate peste tot în lumea naturală şi va avea un rol esenţial în prevenirea izbucnirii unor boli evitabile. Cercetările privitoare la starea sănătăţii din ţările aflate în curs de dezvoltare au descoperit că jumătate dintre infecţiile gastrointestinale şi respiratorii pot fi evitate pur şi simplu spălându-te regulat pe mâini.

Materiile prime de bază pentru toate săpunurile sunt uleiurile şi grăsimile. Ironia este că pata de grăsime care ţi-a sărit pe cămaşă când prăjeai şunca pentru micul dejun o poţi scoate cu o substanţă derivată ea însăşi din grăsime. Săpunul curăţă petele grase de pe haine şi spală uleiurile impregnate de bacterii de pe

mâini pentru că se amestecă uşor atât cu compuşii graşi, cât şi cu apa, substanţe care altminteri nu se amestecă între ele. Pentru un astfel de comportament versatil, este nevoie de un tip special de moleculă: o coadă lungă de hidrocarburi care se amestecă bine cu grăsimile şi uleiurile şi un cap încărcat negativ care se dizolvă în apă. O moleculă de ulei sau de grăsime este compusă la rândul ei din trei lanţuri de hidrocarburi cu acizi graşi, strâns legate împreună. Pasul-cheie în producerea săpunului – operaţiune cunoscută şi ca reacţie de saponificare – este distrugerea legăturilor chimice care ţin laolaltă aceşti trei acizi graşi. O întreagă categorie de substanţe chimice cunoscute sub numele de alcalii pot face acest lucru, „hidrolizând" legătura cu pricina. Alcaliile sunt exact opusul acizilor, iar, când cele două categorii se întâlnesc, se neutralizează reciproc, producând sare şi apă. Sarea de masă, de exemplu, adică clorura de sodiu, este obţinută prin neutralizarea hidroxidului de sodiu alcalin cu acid clorhidric.

Pentru a face săpun, trebuie să produci un acid gras hidrolizând grăsimea cu o substanţă alcalină. Deşi este adevărat că uleiul şi apa nu se amestecă, sarea acestui acid gras îşi poate băga coada lungă de hidrocarbură în ulei, lăsându-şi capul să se dizolve în apa din jur. Acoperit ca de o blană de aceste molecule lungi, stropul

de ulei se stabilizează în mijlocul apei, care îl respinge, şi astfel grăsimea poate fi ridicată şi îndepărtată de pe piele sau de pe material. Pe sticla de gel de duş „revigorant, revitalizant şi hidratant” de la mine din baie sunt înşirate aproape treizeci de ingrediente. Dar, pe lângă agenţii de spumare, stabilizatori, conservanţi, agenţi de gelificare şi îngroşare, parfumuri şi coloranţi, ingredientul activ rămâne totuşi un agent tensioactiv saponaceu bazat pe ulei de cocos, de măsline, de palmier şi de ricin.

Problema presantă este însă unde să găsim alcalii într-o lume postapocaliptică în care nu există furnizori de reactivi. Vestea bună este că supravieţuitorii se pot întoarce la tehnicile străvechi de extracţie chimică şi la cea mai neaşteptată dintre resurse: cenuşa.

Reziduul uscat al focului de lemn este alcătuit în cea mai mare parte din compuşi minerali necombustibili, care conferă cenuşii culoarea albă. Relansarea unei industrii chimice rudimentare se dovedeşte ispititor de simplă: nu trebuie decât să arunci această cenuşă într-un vas cu apă. Praful negru de cărbune nears va pluti la suprafaţă, iar majoritatea mineralelor, deoarece sunt insolubile, se vor sedimenta pe fundul vasului. Dar tu vrei de fapt să extragi mineralele care se dizolvă în apă.

Curăţă praful de cărbune de deasupra şi toarnă

soluţia apoasă în alt vas, având grijă ca sedimentul nedizolvat să rămână la fund. Elimină apoi apa din vas prin fierbere, sau, dacă este cald afară, lasă soluţia să se evapore la soare în recipiente de mică adâncime. În urma evaporării, va rămâne un reziduu cristalin, asemănător cu sarea sau cu zahărul, care se numeşte potasă. (De fapt, numele modern al elementului chimic metalic predominant, *potasiu,* derivă din acest termen vernacular.) Este important să extragi potasa doar din cenuşa unui foc de lemne care a ars în mod natural şi nu a fost stins cu apă sau lăsat afară în ploaie. Altminteri, mineralele solubile care ne interesează vor fi fost deja spălate.

Cristalele albe astfel obţinute sunt de fapt un amestec de compuşi, cel mai prezent element din cenuşa de lemn fiind carbonatul de potasiu. Dacă preferi să arzi o grămadă formată din alge marine uscate, acelaşi proces de extragere îţi va permite să obţii cenuşă sodică sau carbonat de sodiu. De-a lungul coastei de vest a Scoţiei şi a Irlandei, strângerea şi arderea algelor uscate a fost vreme de secole o industrie locală importantă. Această plantă mai conţine şi iod, un element de culoare violet-închis care se va dovedi foarte util atât pentru dezinfectarea rănilor, cât şi pentru chimia fotografiei, de care ne vom ocupa mai jos.

Prin implementarea procesului descris mai sus, poţi

extrage aproape un gram de carbonat de potasiu sau carbonat de sodiu dintr-un kilogram de lemn sau de alge arse, adică un randament de aproape 0,1%. Atât potasa, cât şi cenuşa sodică sunt compuşi a căror valoare justifică efortul necesar pentru a le extrage şi purifica – şi nu uita că poţi folosi căldura focului în alte scopuri. Faptul că lemnul este util în extragerea acestor compuşi se explică prin capacitatea rădăcinilor unui arbore de a absorbi apa şi de a dizolva mineralele prezente în sol vreme de decenii, netrebuind apoi decât să fie concentrate cu ajutorul focului.

Potasa şi cenuşa sodică sunt ambele alcalii, termen care derivă din cuvântul arab *al-qalīy*), ce se traduce prin „cenuşi calcinate". Dacă amesteci acum extrasul obţinut într-un vas cu ulei sau grăsime care fierbe, îl vei saponifica, obţinând săpun cu proprietăţi de curăţare. Vei putea menţine lumea postapocaliptică curată şi lipsită de epidemii doar cu substanţe de bază, precum grăsimea şi cenuşa, şi puţină chimie.

Această reacţie de hidroliză este mai intensă dacă foloseşti o soluţie alcalină mai puternică: leşia. Aici ne întoarcem la varul stins, adică la hidroxidul de calciu.

Nu folosi acest var direct pentru saponificare, pentru că săpunurile calcice nu se dizolvă şi nu vei avea parte de spuma la care visezi Dar hidroxidul de calciu poate reacţiona cu potasa sau cu soda ca să producă hidroxid

de potasiu sau hidroxid de sodiu, adică potasă caustică şi sodă caustică, ambele cunoscute sub numele de leşie. Soda caustică este puternic alcalină (poate hidroliza de-a dreptul uleiurile de pe pielea ta până face din ele săpun, deci manevreaz-o cu mare grijă), fiind, prin urmare, ideală pentru procesul de saponificare, adică cel în urma căruia poţi obţine bucăţi de săpun tare.[23]

Alt alcaliu foarte uşor de produs este amoniacul. Corpul omenesc, asemenea tuturor corpurilor de mamifere, se descotoroseşte de azotul în exces sub forma unui compus solubil numit uree, pe care îl excretă prin urină. Dezvoltarea anumitor bacterii transformă ureea în amoniac – mirosul urât şi puternic pe care îl cunoaştem cu toţii din toaletele publice insuficient îngrijite –, aşa că acest alcaliu esenţial poate fi produs prin mijloace foarte simple: fermentând recipiente cu urină. Din punct de vedere istoric, un astfel de proces s-a dovedit crucial pentru fabricarea de haine vopsite în albastru cu indigo (de exemplu, culoarea blugilor); ne vom întoarce mai târziu la diversele utilizări ale amoniacului.

Saponificarea moleculelor grase îţi va pune la dispoziţie un produs secundar folositor: glicerolul, care

---

[23] ATENŢIE: nu folosi niciodată recipiente sau ustensile de aluminiu pentru prepararea săpunului. Acest metal reacţionează violent cu alcaliile puternice, eliberând hidrogen exploziv.

rămâne după ce grăsimea se transformă în săpun şi acţionează ca agent de legătură între cei trei acizi graşi. Glicerolul este el însuşi foarte folositor şi poate fi extras uşor dintr-o soluţie spumoasă de săpun. Sărurile acizilor graşi din săpun sunt ele însele mai puţin solubile în saramură decât în apă proaspătă, aşa că adăugarea de sare în soluţie va duce la sedimentarea lor sub formă de particule solide, lăsând glicerolul în lichid. (Glicerolul este materia primă de bază pentru producerea de mase plastice şi de explozbili, aspect asupra căruia vom reveni în Capitolul 11.).

Reacţia de hidroliză care transformă grăsimile animale în săpun este folosită şi pentru fabricarea cleiului Acesta se produce fierbând piele, tendoane, coame şi copite de animale – adică orice gen de ţesut conjunctiv dur, făcut din colagen, care se va descompune în gelatină. Gelatina se dizolvă în apă, aşa că se va forma o pastă cleioasă şi vâscoasă, care, când se întăreşte, devine dură şi fermă. Descompunerea hidrolitică a colagenului se produce mult mai rapid în condiţii puternic alcaline – altă utilizare a leşiei – sau acide (la care vom reveni imediat).

Piroliza lemnului

Lemnul poate oferi mai mult decât combustibil bogat

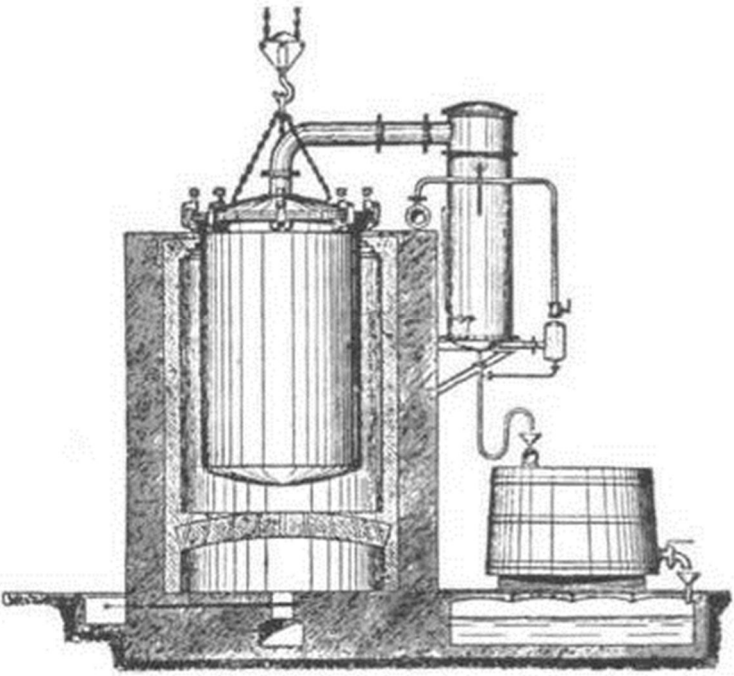
în carbon sau alcalii obţinute din cenuşa rămasă după ardere. De fapt, lemnul a fost cândva principala sursă de compuşi organici – furnizând materie primă şi substanţe precursoare pentru o gamă largă de procese şi activităţi – şi a fost înlocuit abia la sfârşitul secolului al XIX-lea de gudronul din cărbune şi de dezvoltarea ulterioară a petrochimiei bazate pe ţiţei. Într-o lume postapocaliptică, în care s-ar putea să te trezeşti fără cărbune lesne accesibil sau fără o sursă de petrol, aceste tehnici vechi vor susţine relansarea industriei chimice.

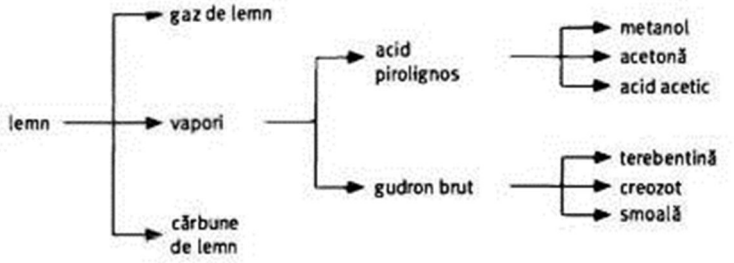
Întreaga artă a producerii cărbunelui de lemn constă în eliminarea substanţelor volatile şi obţinerea unui combustibil aproape pur, ceea ce nu înseamnă că substanţele eliminate sunt inutile. Cu puţină perfecţionare a metodelor de producţie a cărbunelui de lemn, vaporii eliminaţi pot fi şi ei exploataţi. În a doua jumătate a secolului al XVII-lea, chimiştii au observat că arderea lemnului într-un recipient închis are ca rezultat degajarea unui gaz inflamabil şi a altor vapori, care pot fi recondensaţi într-un lichid apos. Aceşti vapori, ce au ajuns să poarte numele de acid pirolignos (un cuvânt hibrid, de origine greco-latină, ce uneşte „focul” şi „lemnul”), sunt de fapt alcătuiţi dintr-un amestec complex de compuşi. În mod ideal, o societate care se recuperează ar sări direct la procesul de tratare termică a lemnului într-un compartiment metalic închis

etanş, cu o ţeavă laterală pentru evacuarea vaporilor, care trece printr-o găleată cu apă rece cu rol de condensator. Gazele degajate nu se condensează, aşa că pot fi folosite la realimentarea arzătoarelor din compartimentul în care se procesează termic lemnul. În Capitolul 9, vom vedea cum aceste gaze de lemn pot fi folosite chiar şi la alimentarea unui vehicul.

Condensatul colectat se desparte imediat într-o soluţie apoasă şi un reziduu răşinos, ambele reprezentând amestecuri complexe ce pot fi separate prin distilare, aşa cum am descris anterior. Partea apoasă, numită iniţial acid pirolignos, este compusă în principal din acid acetic, acetonă şi metanol.

Acidul acetic poate fi folosit la murarea alimentelor: aşa cum am pomenit deja, oţetul este o soluţie diluată de acid acetic. El reacţionează cu compuşii metalici alcalini şi produce diverse săruri folositoare. De exemplu, reacţionează cu soda caustică (sau cu cenuşa sodică) şi produce acetat de sodiu, un compus folosit la fixarea culorilor pe materialele textile. Acetatul de cupru se foloseşte ca fungicid şi a fost întrebuinţat încă din Antichitate ca pigment albastru-verzui pentru vopseluri.





Dispozitiv rudimentar de piroliză a lemnului şi de colectare a vaporilor (sus) şi o schemă a diverselor substanţe importante obţinute în acest fel (jos).

Acetona este un solvent de calitate şi se foloseşte ca bază pentru vopseluri – ea conferă mirosul specific al ojei de unghii – şi ca degresant. Este importantă, de asemenea, în producţia de mase plastice şi se foloseşte

la fabricarea corditei, explozivul folosit pentru propulsarea gloanţelor şi a obuzelor în timpul Primului Război Mondial. A existat chiar un moment în care britanicii s-au temut că vor pierde războiul din cauza unei crize acute de acetonă. Cererea enormă de cordită depăşea cu mult ce puteau produce instalaţiile de distilare uscată a lemnului şi nu erau suficiente nici măcar importurile de solvent din ţări bogate în lemn precum Statele Unite. S-a reuşit menţinerea producţiei prin inventarea unei tehnici noi, bazată pe folosirea unor bacterii care secretă acetonă în timpul fermentării şi prin cantităţile uriaşe de castane adunate de elevi pentru a o alimenta.

Metanolul, numit iniţial alcool de lemn, se produce în cantităţi mari prin distilarea uscată a lemnului: din fiecare tonă de lemn rezultă circa zece litri de metanol. Metanolul este cea mai simplă moleculă de alcool. El conţine un singur atom de carbon, în timp ce etanolul, alcoolul etilic, are o moleculă ce se bazează pe o structură formată din doi atomi de carbon. Metanolul poate avea rol de combustibil, de solvent sau de antigel şi este foarte folositor în sintetizarea biocombustibilului, asupra căruia vom reveni în Capitolul 9.

Gudronul secretat de lemnul pirolizat poate fi şi el separat prin distilare în substanţele constitutive de

bază: terebentină fluidă şi uşoară (pluteşte pe apă); creozot dens şi greu (se scufundă în apă); smoală vâscoasă, închisă la culoare. Terebentina este un solvent important, folosit de-a lungul timpului pentru obţinerea pigmenţilor; vom reveni la ea în Capitolul 10. Creozotul este un conservant excelent, iar, atunci când lemnul este acoperit sau impregnat cu creozot, va fi protejat de degradare şi de putreziciune. Are şi rol antiseptic, inhibând dezvoltarea microbiană şi conservând carnea: el este cel care conferă aroma specifică peştelui sau cărnii afumate. Smoala este substanţa cea mai cleioasă dintre cele extrase, un amestec vâscos de molecule cu lanţ lung, iar faptul că este inflamabilă o face ideală pentru fabricarea de torţe. Este, de asemenea, o substanţă impermeabilă, bună de folosit la etanşeizarea găleţilor sau a butoaielor, a fost utilizată vreme de milenii pentru a acoperi găurile dintre scândurile de lemn ale cocilor de bărci.

Lemnul oricărei specii de copaci poate produce aceste substanţe chimice, în diferite cantităţi, dar din lemnul de răşinoase – pini, molizi şi brazi – se obţine mai multă smoală. O sursă la fel de bună de smoală este coaja de mesteacăn, care se foloseşte încă din epoca de piatră pentru a lipi pene de cozile săgeţilor. Dacă nu îţi trebuie decât smoală de lemn, o poţi colecta adunând ce se scurge din lemnul răşinos ars într-un cuptor sau

chiar într-o cutie de tablă aşezată pe foc.

Distilarea este o tehnică atât de utilă pentru separarea substanţelor dintr-un amestec de lichide, exploatând faptul că fiecare dintre ele fierbe la o anumită temperatură, încât o societate în refacere ar trebui să se străduiască s-o stăpânească cât mai curând cu putinţă. Distilarea fracţionează diversele produse rezultate din descompunerea lemnului la temperatură înaltă, extrage alcool concentrat din borhotul fermentat (aşa cum am văzut deja) şi descompune chiar şi ţiţeiul în diverse elemente distincte, de la asfaltul foarte vâscos până la compuşi foarte volatili, ca benzina. După ce se ajunge la un anumit nivel de dezvoltare tehnologică, chiar şi aerul poate fi distilat Aerul se răceşte până la o temperatură de circa -200°C, cu ajutorul unui proces repetat de expansiune şi răcire într-o capsulă vidată, asemănătoare unui termos în care ne luăm ceaiul când plecăm la drum. Aerul lichid este lăsat apoi să se încălzească şi se colectează separat cele două gaze care îl compun. Oxigenul pur se foloseşte, de exemplu, la măştile de protecţie respiratorie din spitale.

Acizii

Până acum ne-am concentrat în special asupra alcaliilor, care pot fi obţinute relativ uşor. Acizii,

echivalentul chimic al alcaliilor, sunt la fel de frecvent întâlniţi în natură, dar variantele puternice ale acestora sunt mai greu de obţinut decât leşiile şi exploatarea lor semnificativă a început abia de curând în istoria noastră. Am văzut cum anumite produse vegetale pot fi fermentate pentru a produce alcool şi cum etanolul poate fi oxidat prin expunere la aer pentru a produce oţet. Acidul acetic a fost primul compus pe care omenirea l-a avut la dispoziţie şi a rămas singura opţiune în cea mai mare parte a istoriei noastre. Deşi civilizaţiile care s-au succedat au avut acces la mai multe tipuri de alcalii – potasă, cenuşă sodică, var stins, amoniac cunoştinţele noastre în materie de chimie au fost limitate vreme de milenii de disponibilitatea unui singur acid slab.

Următorul compus din această categorie exploatat de umanitate a fost acidul sulfuric. Iniţial, acesta a fost extras prin încălzirea unui mineral rar cu aspect sticlos numit vitriol, pentru ca apoi să-l producem în masă prin arderea sulfului galben pur, împreună cu salpetru, în recipiente sub presiune şi căptuşite cu plumb. Astăzi, acidul sulfuric este obţinut ca produs derivat din curăţarea petrolului şi a gazelor naturale de impurităţile cu sulf. Într-o lume postapocaliptică, s-ar putea să te trezeşti prins la mijloc: să nu poţi produce acest acid puternic extrem de important prin metode

tradiţionale, întrucât sulful elementar din zăcămintele vulcanice a fost extras de multă vreme, şi nici să nu poţi folosi tehnici mai avansate fără catalizatorul specific necesar.

Pentru a ieşi din acest impas, trebuie să adopţi o metodă pe care omenirea n-a folosit-o niciodată la nivel industrial. Dioxidul de sulf, obţinut prin tratarea termică a piritei (pirita mai este cunoscută şi sub numele de „aurul prostului", putând să formeze totodată minereuri comune, precum plumbul şi staniul), trebuie combinat cu clorul gazos, pe care îl poţi procura din electroliza apei sărate folosind pe post de catalizator cărbune activ (o formă foarte poroasă de cărbune din lemn). Produsul lichid rezultat, numit clorură de sulfuril, poate fi concentrat prin distilare. În apă, acest compus se descompune şi formează acid sulfuric şi hidrogen clorurat sub formă de gaz, care ar trebui colectat şi el şi dizolvat din nou în şi mai multă apă pentru a obţine acid clorhidric. Din fericire, există un test simplu prin care poţi identifica dacă o rocă conţine pirită (o sulfură metalică): o stropeşti cu puţin acid diluat, iar dacă sfârâie şi degajă miros de ouă clocite înseamnă că ai găsit ce căutai. Ai grijă însă: hidrogenul sulfurat este un gaz otrăvitor, aşa că nu inhala prea mult.

Astăzi, producem mai mult acid sulfuric decât orice

alt compus: el reprezintă baza industriei chimice şi va fi crucial în accelerarea repornirii societăţii. Importanţa sa stă în faptul că îndeplineşte mai multe funcţii chimice diferite. Nu numai că este un acid puternic, dar reprezintă şi un agent puternic de deshidratare şi de oxidare. Cea mai mare parte din producţia sa actuală este destinată fabricării îngrăşămintelor artificiale: acest tip de compus dizolvă fosfatul din roci (sau din oase) şi eliberează fosforul, un element nutritiv indispensabil plantelor. Întrebuinţarea lui este însă practic nelimitată: prepararea tuşurilor şi a cernelurilor, albirea bumbacului şi a inului, fabricarea detergenţilor, curăţarea şi pregătirea suprafeţelor de fier şi de oţel în vederea folosirii industriale ulterioare, fabricarea lubrifianţilor şi a fibrelor sintetice, fiind folosit şi ca acid de baterie.

După ce vei produce acid sulfuric, îl vei putea folosi pentru a obţine şi alţi acizi. Acidul clorhidric rezultă din reacţia acidului sulfuric cu sarea obişnuită de bucătărie (clorura de sodiu), iar acidul azotic, din reacţia cu salpetrul. Acidul azotic este mai ales un puternic agent oxidant: poate oxida lucruri rezistente chiar şi la acţiunea acidului sulfuric. Acest fapt face ca acidul azotic să fie indispensabil în producerea explozibililor, precum şi în prepararea compuşilor de argint necesari în tehnica fotografică: două procese

esenţiale, la care vom reveni mai târziu.

Materialele

„Pe continentul acesta a existat o civilizaţie mai avansată decât a noastră, asta nu se poate nega. E de-ajuns să priveşti la dărâmături şi la metalul ruginit şi-ţi dai seama. Poţi îndepărta nisipul adus de vânturi şi găseşti porţiuni de şosea. Dar unde sunt dovezile privind tipurile de maşini despre care istoricii voştri spun că existau pe vremea aceea? Unde sunt rămăşiţele căruţelor care se deplasau prin forţa proprie, sau maşinile zburătoare?”

Walter M. Miller, Jr., *Cantică pentru Leibowitz*[24]

Capitolul anterior ne-a arătat cât se poate de clar că este foarte greu să exagerezi utilitatea lemnului. Lăsând deoparte potenţialul lui chimic, lemnul rămâne unul dintre cele mai vechi materiale de construcţii, putând să obţii din el grinzi, scânduri şi stâlpi. Calităţile specifice ale diferitelor specii de copaci au o gamă largă de utilizări, iar aceste informaţii vor trebui redescoperite. De exemplu, lemnul tare de ulm, ale

---

[24] Miller, Walter M., Jr., *Cantică pentru Leibowitz,* trad. de Gabriel Stoian, RAO, Bucureşti, 1996. (N. red.).

cărui fibre sunt împletite şi nu crapă, este ideal pentru construcţia roţilor. Nucul este şi el foarte dur şi potrivit pentru roţile dinţate ale mecanismelor din morile de vânt şi cele de apă. Pinul şi bradul sunt copaci care cresc deosebit de drepţi şi de înalţi, aşa că sunt perfecţi pentru catargele corăbiilor.

Dincolo de aceste proprietăţi mecanice, arderea lemnului va alunga frigul, în urma pierderii încălzirii centrale, şi îţi va găti mâncarea, dezactivând contaminarea microbiană şi contribuind la eliberarea substanţelor nutritive din alimente. În capitolul precedent am arătat cum se pot colecta vaporii lemnului tratat termic în condiţii anaerobe pentru a obţine o serie de materii prime necesare în relansarea industriei chimice. Am văzut şi cum cărbunele de lemn rezultat astfel este ideal pentru filtrarea apei de băut, după ce robinetele vor seca şi sticlele cu apă îmbuteliată vor dispărea de pe rafturile supermarketurilor. De asemenea, lemnul furnizează combustibilul necesar cuptoarelor în care se ard vase de ceramică sau cărămizi, putând fi folosit şi la fabricarea sticlei sau la topirea fierului şi a oţelului.

Imediat după apocalips, vei putea pur şi simplu să ocupi clădirile existente, întreţinându-le cât poţi de bine. Dar clădirile nelocuite şi neîntreţinute vor sfârşi prin a se prăbuşi în următoarele decenii de după

dezastru, iar, pe măsură ce populaţia supravieţuitoare va spori şi va avea nevoie de locuinţe noi, îţi va fi mai uşor să construieşti case noi decât să repari rămăşiţele vechii civilizaţii. Pentru a face acest lucru, îţi trebuie cunoştinţe elementare despre cum se ridică o construcţie. Cărămida, sticla, betonul şi oţelul reprezintă elementele de construcţie fundamentale ale civilizaţiei noastre. Dar toate au începuturi umile: pământ cleios, piatră moale de calcar, nisip şi minereu stâncos săpat din pământ şi transformat cu ajutorul focului în cele mai utile materiale din istorie. Putem observa cel mai uşor acest proces în cazul argilei, care este maleabilă în stare naturală şi se poate transforma în ceramică dură după ce este încălzită în cuptor, schimbând astfel în mod deliberat proprietăţile unei substanţe pentru a o adapta propriilor nevoi.

Argila

Argila poate fi trecută uşor cu vederea în lumea modernă – poate pentru că tindem s-o asociem cu orele de arte plastice de la şcoală. Adevărul este însă că olăritul a jucat un rol central în crearea condiţiilor necesare pentru întemeierea civilizaţiei. Recipientele cu capac confecţionate din lut permit depozitarea şi păstrarea alimentelor, le protejează de paraziţi şi

dăunători, permit gătirea, conservarea şi fermentarea lor, precum şi transportul şi vinderea lor. Transformarea sa în cărămizi constituie de asemenea un excelent material de construcţie: materialul pornind de la care se ridică oraşe, mori şi fabrici.

Argila se găseşte aproape peste tot în lume şi este alcătuită din particule foarte fine de alumosilicaţi – straturi de aluminiu şi siliciu legate împreună de oxigen –, purtate pe distanţe mari de râuri sau de gheţari, înainte de a se depozita. Prin urmare, din pământ se pot extrage cu uşurinţă diferite tipuri de argilă maleabilă. Cel mai rudimentar recipient poate fi făcut dintr-un bulgăre umed de lut găurit cu degetul mare şi apoi rotunjit pe margine. Pentru un control mult mai bun al acestui proces, va trebui să reinventezi roata olarului. Cea mai veche variantă o constituie un disc pe care olarul putea învârti obiectul la care lucra. Roata „modernă" a olarului datează de cel puţin 500 de ani (s-ar putea să fie chiar mai veche) şi presupune un volant – uneori o piatră rotundă, fixată pe un ax –, care păstrează impulsul de rotaţie şi face ca obiectul lucrat să se învârtă uniform. Roata este învârtită din când în când împingând-o cu mâna sau cu piciorul, dar poate fi acţionată şi de un motor electric, dacă-l poţi recupera din resturile civilizaţiei.

Lutul uscat este relativ durabil, dar este de preferat să

fie ars şi transformat în ceramică. La temperaturi între 300 şi 800°C, apa este eliminată ireversibil din structura lutului, iar plăcile minerale se leagă strâns unele de altele, rămânând însă poroase. Când este încălzit şi mai mult, la temperaturi de peste 900°C, particulele din lut încep să fuzioneze, iar impurităţile minore se topesc. Aceşti compuşi, care încep să se vitrifice pe parcursul procesului, străbat întregul obiect, pentru ca, după răcire, să formeze o matrice sticloasă care fuzionează între ele cristalele de argilă, umplând orice spaţiu gol şi alcătuind astfel un material dur şi etanş. Imersarea deliberată a obiectului în substanţe de acest gen înainte ca temperatura înaltă să închidă suprafaţa etanş se numeşte smălţuire. Poţi chiar arunca nişte sare în cuptor: căldura uscată va disocia compuşii din sare, iar vaporii de sodiu se vor amesteca cu siliciul din lut şi vor forma un înveliş sticlos (nu uita însă că în timpul acestui proces se degajă clor gazos, care este otrăvitor). Această metodă a fost folosită în trecut pentru a etanşa conductele ceramice utilizate în sistemele de canalizare.

Argila arsă nu devine doar dură şi impermeabilă, ci se transformă şi într-un material „refractar” extrem de rezistent la călduri Alumosilicatul are un punct de topire foarte înalt, iar, cum elementele care îl compun sunt deja legate de oxigen, mineralul nu arde atunci

când se încinge. Din acest motiv, cărămizile arse reprezintă materialul perfect când vine vorba de căptuşirea cuptoarelor şi a furnalelor. Pentru a putea controla şi folosi focul în procesul tehnologic, este nevoie de o substanţă care să izoleze căldura în interiorul cuptorului şi totodată să reziste la temperaturi înalte. Această soluţie este un exemplu excelent de civilizaţie care-şi revine prin propriile forţe: arderea argilei la foc puternic şi transformarea ei în material refractar le-ar permite supravieţuitorilor să construiască alte cuptoare în care să fabrice cărămizi. Povestea civilizaţiei ar putea fi descrisă prin încercarea neîncetată de a controla şi exploata cât mai eficient focul, în scopul de a atinge temperaturi tot mai mari: plecând de la focul de tabără, trecând prin cuptoarele pentru ceramică, topitoriile din epoca bronzului, forjele din epoca fierului şi ajungând la furnalele din perioada revoluţiei industriale – tot acest progres a fost facilitat de cărămizile refractare.

Lutul ars este de asemenea foarte folosit ca material de construcţie. În zonele cu climă uscată, pereţii se pot construi rudimentar din argilă uscată la soare (chirpici), dar există riscul ca aceasta să fie distrusă de apă la ploi mai puternice. Se pot obţine cărămizi mult mai rezistente din cantităţi generoase de lut introduse într-o matriţă sub formă de cub şi apoi arse în cuptor

pentru a le transforma chimic în ceramică dură şi rezistentă. Dar nu sunt suficienţi câţiva pumni de argilă pentru a reconstrui o civilizaţie. Pentru a obţine un zid solid, cărămizile trebuie lipite între ele, şi astfel ne întoarcem la var.

În capitolul precedent, am văzut că, odată cu epuizarea resurselor societăţii actuale, primul material pe care va trebui să-l extragi din pământ este calcarul. Am văzut şi ce rol important are calcarul în sintetizarea multor substanţe necesare civilizaţiei. Acum vom analiza felul în care acelaşi material-minune va iniţia reconstrucţia postapocaliptică. Blocurile de calcar sunt ele însele utile ca material de construcţie – la fel cum este şi marmura, o rocă metamorfică ce se formează pornind de la calcarul supus unor presiuni uriaşe în adâncul pământului –, dar adevărata valoare a acestei roci ţine de produsele ce pot fi obţinute din ea.

Varul stins este capabil să se transforme dintr-o pastă uşor de întins într-un material dur ca piatra. Dacă-l amesteci cu un pic de apă şi de nisip, obţii mortar, folosit vreme de milenii la lipirea fermă a cărămizilor ce alcătuiau ziduri groase şi rezistente. Dacă reduci şi mai mult cantitatea de nisip şi adaugi fibre (păr de cal, de pildă), vei obţine ipsos care se întinde pe pereţi pentru a-i finisa.

Mortarul pe bază de var a fost folosit vreme de

milenii, dar romanii au produs în masă o nouă substanţă care a schimbat natura construcţiilor. Aceştia au observat că *cementum,* obţinut prin amestecul varului stins cu cenuşă vulcanică (cunoscută sub numele de pozzolană) sau chiar cu cărămidă ori ceramică pulverizată, se întăreşte mult mai repede decât mortarul din var şi este de câteva ori mai rezistent. Iar cu acest adeziv mineral extrem de puternic numit ciment poţi face mai mult decât să lipeşti laolaltă rânduri de cărămizi. Îţi permite să aglomerezi bucăţi de piatră sau prundiş, adică să fabrici beton. Această revoluţie în tehnologia construcţiilor le-a permis romanilor ridicarea unor structuri precum Colosseumul sau enormul acoperiş bombat al Panteonului din Roma, care rămâne în continuare cea mai mare cupolă din beton nearmat din lume.

Există însă o altă proprietate aproape magică a cimentului, care a contribuit la forţa comercială şi navală a Imperiului Roman: betonul făcut cu pozzolană sau cu ceramică zdrobită se întăreşte chiar şi atunci când este complet acoperit de apă. Spre deosebire de mortarul pe bază de var, cimentul este considerat hidraulic şi se întăreşte ca urmare a altor procese chimice. Cenuşa vulcanică conţine oxid de aluminiu şi de siliciu – elemente componente ale argilei, după cum

am spus mai sus –, care reacţionează chimic cu varul stins şi formează, în prezenţa apei, un material extrem de puternic.

Lianţii hidraulici au dus la un progres tehnologic important. Cimentul pozzolanic a revoluţionat construcţiile marine ale romanilor prin faptul că, în loc să scufunde în apă blocuri uriaşe de stâncă, acum puteau să toarne beton şi să ridice direct în mare cheiuri, diguri, pereţi de protecţie şi fundaţii pentru faruri. Această tehnologie le-a permis să construiască porturi oriunde aveau nevoie din motive militare sau economice – chiar şi în regiuni cu foarte puţine golfuri naturale, aşa cum este coasta de nord a Africii. În felul acesta, flota romană a ajuns să domine Mediterana.

Odată cu căderea Imperiului Roman, aceste cunoştinţe esenţiale despre cimenturile rezistente, betoanele versatile şi tencuielile impermeabile aproape că s-au pierdut. Nicio sursă medievală nu menţionează cimentul, iar marile catedrale gotice au fost construite folosind doar mortar pe bază de var. Cu toate astea, unele locuri par să fi păstrat această moştenire, pentru că există unele fortăreţe şi porturi construite în Evul Mediu care se bazează pe folosirea cimentului hidraulic.

Metoda modernă de producere a cimentului a fost inventată în 1794. Cimentul portland nu exploatează

cenuşa vulcanică, aşa cum este cazul pozzolanei romane, ci este obţinut dintr-un amestec de calcar şi argilă, încălzit într-un cuptor special la o temperatură de 1450°C. Zgura dură produsă astfel este amestecată cu o cantitate mică de ghips mineral – folosit şi pentru imobilizarea medicală a membrelor ce au suferit fracturi –, care ajută la încetinirea procesului de întărire, oferind mai mult timp de lucru cu cimentul proaspăt.

Ştiu că betonul este un material de construcţie cenuşiu şi urât, aflat la baza unor edificii oribile. Dar să facem un pas înapoi şi să vedem cât de remarcabil este de fapt Acest material este, în esenţă, o rocă creată de om. Şi are o reţetă incredibil de simplă: amesteci o găleată de ciment portland cu două găleţi de nisip sau pietriş şi cu suficientă apă încât să se formeze o pastă groasă. Torni această rocă lichidă într-un cofraj de lemn construit în orice formă vrei, apoi aştepţi până când se întăreşte şi devine un material incredibil de rezistent şi de durabil. Nu-i greu să ne dăm seama de ce betonul a permis o regenerare urbană rapidă după distrugerile provocate de cel de-al Doilea Război Mondial şi de ce este în continuare folosit cu precădere în ridicarea oraşelor de astăzi. Acest material reprezintă o adevărată emblemă a epocii moderne, chiar dacă procesul de bază a fost inventat în urmă cu peste două

milenii.

Problema betonului este că, deşi are o rezistenţă incredibilă atunci când este comprimat în fundaţii sau coloane, se dovedeşte extrem de slab când este supus tensiunii. Se fisurează nemaipomenit de mult dacă asupra lui acţionează forţe de întindere, şi de aceea nu este folosit la elemente structurale mari, precum grinzile, podurile sau planşeele clădirilor cu multe etaje. Soluţia acestei probleme o reprezintă introducerea în beton a unor tije de oţel. Betonul armat a apărut în 1853, când un zidar a introdus cercuri îndreptate de butoi într-un planşeu de beton, în timp ce materialul se întărea. Această ultimă inovaţie este cea care descătuşează cu adevărat potenţialul enorm pe care îl are betonul în cadrul reconstrucţiei postapocaliptice.

Deşi betonul este un material de construcţie extrem de versatil, pentru a obţine temperaturile necesare transformărilor specifice metalurgiei vei avea nevoie tot de proprietăţile refractare ale cărămizilor ceramice.

Metalele

Metalele au o suită de proprietăţi pe care nu le întâlnim la nici un alt tip de materiale. Unele metale sunt excepţional de dure şi de rezistente, potrivite

pentru confecţionarea uneltelor, a armelor sau a componentelor structurale de genul cuielor sau grinzilor dintr-o singură bucată. Spre deosebire însă de ceramică, care este sfărâmicioasă, metalele sunt şi maleabile – dacă se exercită tensiune asupra lor, tind mai mult să se deformeze decât să se rupă, aşa că pot fi trase în fire suficient de subţiri pentru a fabrica îmbinări, garduri sau conductori electrici. Multe metale rezistă la temperaturi foarte înalte, ceea ce le face ideale pentru utilajele de înaltă performanţă.

Producerea fierului nu este singurul lucru pe care vei dori să-l recuperezi cât mai repede după Cădere, ci şi tehnica obţinerii aliajului pe care acesta îl formează împreună cu carbonul: oţelul. Acest metal, alcătuit dintr-un amestec de atomi de fier şi de carbon, este mult mai valoros decât suma părţilor sale. Includerea carbonului în formulă îi schimbă substanţial proprietăţile, iar varierea proporţiilor de carbon din aliaj poate controla duritatea şi rezistenţa oţelului în funcţie de diferitele lui aplicaţii.

Vom vedea mai jos cum poţi obţine fier şi oţel de la zero, pentru că imediat după dezastru le vei putea procura uşor din ce-a mai rămas. Lucrurile recuperate pot fi refolosite în alte scopuri, dacă vei reînvăţa tradiţionalul meşteşug al fierăriei: folosirea unui foc deschis sau a unei forje pentru a încinge până la

incandescenţă materialul lucrat, în timp ce îl remodelezi lovindu-l cu ciocanul pe nicovală. Omenirea a fost în stare să exploateze fierul de-a lungul istoriei civilizaţiei pentru că acest metal îşi schimbă temporar proprietăţile fizice atunci când este încins, devenind destul de maleabil încât să fie bătut într-o anumită formă, întins în foi sau tras în ţevi şi fire. Acest lucru este fundamental, pentru că vei putea folosi unelte de fier pentru a prelucra fierul şi a produce alte unelte.

Vitală pentru exploatarea deplină a fierului este cunoaşterea principiilor întăririi oţelului: călirea şi revenirea. Oţelul se întăreşte prin încălzirea lui până la incandescenţă, astfel încât structura internă, formată din cristale de fier şi de carbon, să se transforme şi să capete o conformaţie rigidă (care este nonmagnetică, lucru testat în timpul încălzirii). Însă, dacă apoi i se permite oţelului să se răcească lent, cristalele revin la forma iniţială, deci trebuie răcit rapid, pentru a-l face să se stabilizeze în structura dorită, iar acest lucru este realizat prin cufundarea oţelului incandescent în apă sau ulei. Dar substanţa dură obţinută astfel este casantă, iar un ciocan, o sabie sau un arc fragil vor fi nefolositoare. Prin urmare, după călire se practică operaţiunea de revenire. Ea constă în încălzirea pentru o anumită perioadă de timp a oţelului la o temperatură

mai mică decât cea iniţială, astfel încât o parte din structura cristalină să se destindă, renunţând în mod deliberat la o parte din duritate, pentru ca materialul să redobândească puţină elasticitate. Revenirea armonizează proprietăţile oţelului, iar acest lucru este esenţial când vrem să producem un material destinat unei sarcini specifice.

O altă tehnologie esenţială, ceva mai tânără, este sudura, adică lipirea mai multor părţi metalice folosind metal topit. Acetilena este gazul combustibil a cărui flacără are cea mai ridicată temperatură, depăşind 3200°C atunci când arde în flux de oxigen. Poţi fabrica o torţă de sudură controlând separat presiunea oxigenului şi a acetilenei prin intermediul unei duze. Oxigenul pur poate fi produs prin electroliza apei (Capitolul îi) sau, mai târziu după repornirea civilizaţiei, prin distilarea aerului lichefiat (Capitolul 5). Acetilena este eliberată de reacţia apei cu carbidul (carbura de calciu), produs la rândul său prin încălzirea calcarului împreună cu cărbune de lemn (sau cocs) într-un cuptor (despre substanţele menţionate am discutat deja). O flacără oxiacetilenică este folositoare nu numai la lipirea metalelor, dar şi la tăierea oţelului, jetul de oxigen arzând metalul topit şi secţionându-l în linie dreaptă.

Un aparat de sudură cu arc electric generează o

temperatură şi mai înaltă, de circa 6000°C – reproducând o putere asemănătoare cu cea a fulgerului. O serie de baterii sau un generator vor produce un voltaj suficient pentru a provoca o scânteie constantă – sau un arc – între ţinta din metal şi un electrod de carbon, în scopul de a suda sau a tăia metalul. Astfel de tăietoare de metal cu torţe oxiacetilenice sau arcuri electrice improvizate vor reprezenta un echipament indispensabil pentru echipele de recuperare trimise în oraşele moarte să dezasambleze ruinele vechii civilizaţii şi să adune materialele cele mai valoroase. O metodă foarte eficientă de a topi resturile de oţel în vederea reciclării lor este folosirea unui cuptor cu arc electric. Acesta este, în fond, un fel de aparat electric de sudură de proporţii uriaşe: electrozi de carbon de dimensiuni mari descarcă electricitate prin metal în scopul de a-l topi, în vreme ce calcarul adăugat în timpul procesului absoarbe impurităţile ridicate deasupra iar oţelul topit curge ca dintr-un ceainic. În lumea postapocaliptică, trebuie să stăpâneşti tehnologia cuptorului cu arc electric alimentat de energie regenerabilă, pentru a micşora consumul de combustibil necesar generării de energie termică.

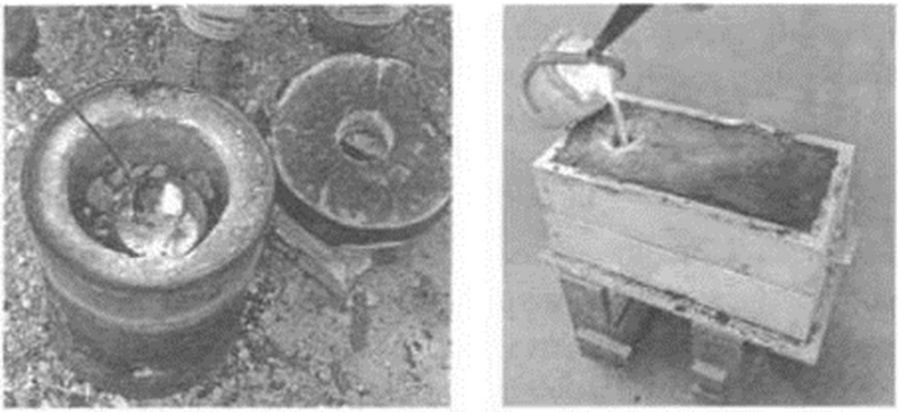
Dar redobândirea accesului la metale ca material de lucru reprezintă doar jumătate din poveste: trebuie să

le poţi prelucra cu pricepere în formele de care ai nevoie. Dacă nu reuşeşti să recuperezi echipamente specializate în astfel de operaţiuni, cum le vei putea reconstrui de la zero?

Un exemplu elegant l-a furnizat în anii ’8o un mecanic care a construit un atelier complet echipat de prelucrare a metalului – utilat cu strung, maşină de format prin presare, maşină de găurit şi maşină de frezat – pornind doar de la lut, nisip, cărbune de lemn şi nişte resturi de metal. Aluminiul este o alegere bună, deoarece are un punct de topire scăzut, se poate turna uşor şi este foarte rezistent la coroziune, aşa că va fi lesne de găsit chiar şi la multă vreme după apocalips.

În centrul acestui proiect fenomenal stă o topitorie de volum mic, care constă într-o găleată de metal recuperată, căptuşită cu un înveliş refractar de argilă, în care se arde cărbune de lemn, în timp ce focul este intensificat cu un jet de aer, care se introduce printr-o gaură din peretele găleţii. Acest cuptor rudimentar este mai mult decât suficient pentru a topi resturile de aluminiu adunate după dezastru, iar metalul topit poate fi turnat astfel încât să formeze o mare varietate de piese de maşini. Formele în care se toarnă metalul pot fi construite din nisip fin, amestecat cu argilă (ce are rol de liant) şi cu puţină apă; aşezi acest amestec într-un cadru de lemn alcătuit din două segmente

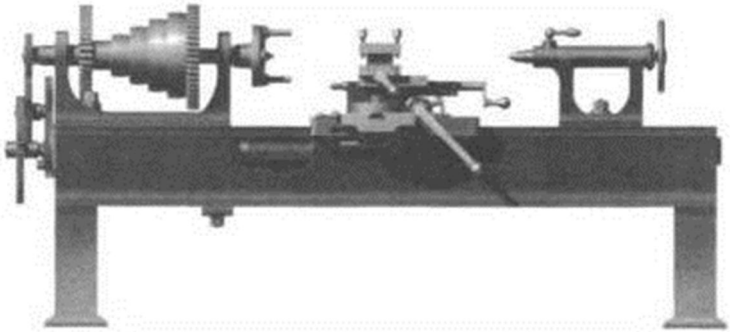
separate, dându-i apoi forma dorită.



Topitorie rudimentară: aluminiu recuperat şi topit într-un cuptor de mici dimensiuni (stânga), care apoi este turnat într-o matriţă de nisip (dreapta).

Strungul este primul utilaj care trebuie creat cu aceste mijloace. Un strung simplu este compus dintr-o bază lungă şi lată numită pat sau batiu, cu un capăt fix prins într-o parte şi un capăt mobil în partea cealaltă, care poate aluneca spre stânga sau spre dreapta pe pat. Piesa de strunjit se ataşează de axul capătului fix – poate fi imobilizată pe o platformă sau prinsă între fălci reglabile –, după care este învârtită în jurul axului printr-un sistem de angrenaje sau de scripeţi acţionaţi prin orice forţă motrice (roată de apă, motor cu abur sau motor electric). Capătul mobil poate susţine celălalt capăt al bucăţii de metal, alunecând de-a lungul patului pentru a se ajusta în funcţie de lungimea piesei, sau poate purta o unealtă – de exemplu, un burghiu

care să găurească piesa în mijloc, în timp ce aceasta se învârte. De-a lungul patului, mai alunecă un cărucior echipat cu un instrument de tăiere prins de o sanie transversală, ce permite poziţionarea precisă în jurul piesei de lucru, tăind din ea fâşii subţiri pentru a-i da profilul dorit. Un fapt uimitor este că strungul nu numai că poate să-şi copieze toate părţile componente pentru a crea alte strunguri, dar încă de la primele stadii ale fabricării sale poate strunji restul componentelor de care are nevoie.



Strung cu cap fix şi dispozitiv rotativ de prindere a piesei de lucru în partea stângă, cap mobil în partea dreaptă şi, în mijloc, cărucior mobil cu instrument de tăiat.

Pentru a scoate din piesa de lucru spirale subţiri şi precise de metal, trebuie să fixezi de-a lungul patului un şurub lung, pe care căruciorul să se mişte uniform, şurub care ar trebui, în mod ideal, să fie cuplat cu capul rotativ prin intermediul unui angrenaj, pentru coordonarea perfectă a mişcării. În lumea

postapocaliptică, cel mai bine ar fi să recuperezi din rămăşiţe un şurub cu filet lung, pentru că altminteri filetarea cu pas constant este diabolic de dificilă. În istoria noastră a fost nevoie de un lung proces de îmbunătăţiri succesive pentru a obţine primul filet precis pe un suport metalic, cu ajutorul căruia s-au realizat ulterior alte tipuri de filetări – nu cred că vrei să repeţi acest proces.

După ce vei avea la dispoziţie un strung, îl vei putea folosi pentru a produce părţile componente ale unor utilaje mult mai complexe, precum freza. În timp ce strungul aplică o unealtă tăietoare asupra unei piese de lucru în mişcare, freza învârte unealta tăietoare în jurul piesei de lucru fixe şi are extrem de multe utilizări – din momentul în care vei avea acest instrument, vei putea construi aproape orice alt utilaj. Aşadar, această demonstraţie este o reprezentare la scară redusă a întregii istorii a tehnologiei: uneltele simple creează unelte mai complexe, inclusiv variante mai precise ale lor însele, iar acest ciclu este unul cumulativ.

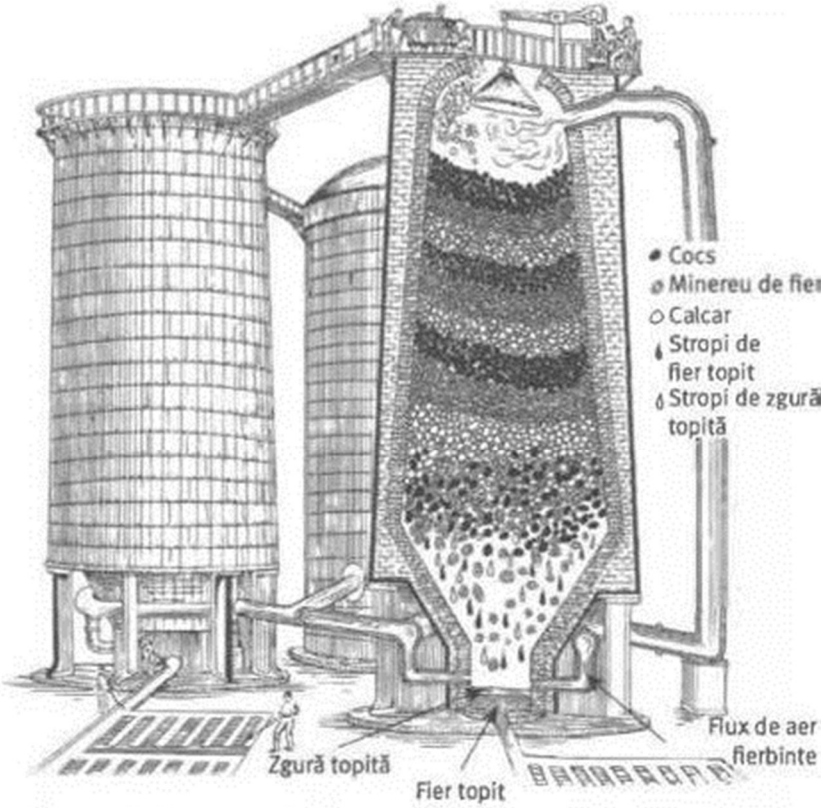
Dar ce faci dacă nu găseşti materiale deja purificate pentru a le forja sau a le turna, ori dacă ai consumat deja tot ce a putut fi recuperat? Cum poţi extrage metalul din rocă? Principiul general al topirii presupune eliminarea oxigenului, a sulfului sau a altor elemente cu care este combinat metalul în minereu.

Pentru asta este nevoie de un combustibil care să producă temperaturi mari, de un agent de reducere şi de un agent de topire. Cărbunele de lemn (sau cocsul) îndeplineşte admirabil primele două condiţii: arde cu intensitate şi eliberează în cuptorul de topire monoxid de carbon, un puternic agent reducător, care elimină oxigenul şi lasă metalul pur. Acest cuptor rudimentar de topire a fierului (asemănător, în esenţă, cu cuptorul în care se arde varul nestins) se încarcă cu straturi de cărbune de lemn combustibil şi de minereu de fier mărunţit. O anumită cantitate de calcar amestecat cu minereul are rol de fondant, scăzând punctul de topire al sterilului (partea inutilă de rocă din minereu), astfel încât acesta să se lichefieze în furnal şi să absoarbă impurităţile metalului. Fondantul formează o zgură lichidă, care este lăsată să se scurgă, pentru a extrage apoi din cuptor metalul.

Dacă cuptorul nu operează la o temperatură suficient de înaltă pentru a topi fierul astfel separat, metalul solid va trebui extras sub formă de bulgări spongioşi, apoi bătut bine pe nicovală în vederea eliminării zgurii reţinute. Pentru a-l face suficient de dur ca să poată fi folosit la construcţia uneltelor, acest fier pur trebuie iarăşi încălzit la temperaturi foarte ridicate cu ajutorul cărbunelui de lemn, ca să absoarbă carbon şi să formeze oţel, iar apoi trebuie din nou lucrat pe

nicovală. Împăturirea şi întinderea lui repetată fac ca materialul solid să se transforme într-un oţel uniform, care poate fi, în cele din urmă, forjat pentru a i se da forma dorită. Este o muncă istovitoare pentru fierar, iar cantitatea de oţel obţinută este foarte limitată. Cheia civilizaţiei moderne stă în capacitatea de a produce eficient oţel în cantităţi mari. Iată cum poţi face asta.

Soluţia este să introduci în cuptor un curent puternic de aer pentru a intensifica combustia. Chinezii au inventat furnalul în secolul al V-lea î.Cr. (cu peste 1500 de ani înainte de apariţia lui în Europa) şi l-au îmbunătăţit apoi adăugând dedesubt pistoane acţionate de roţi de apă. Pentru o şi mai mare eficienţă în obţinerea de temperaturi înalte, aerul introdus în cuptor se preîncălzeşte folosind gazele combustibile fierbinţi care ies din coşul furnalului. Fierul topit în fumai absoarbe mult carbon, care acţionează coborând temperatura de topire a fierului la circa 1200°C. Metalul se lichefiază şi poate fi lăsat să se scurgă pe la baza cuptorului, prin nişte canale tăiate în pardoseală, pentru a se răci apoi într-un şir de forme asemănătoare unor lingouri – rezultatul poartă numele de fontă brută.



Furnal pentru topirea fierului. Minereul, combustibilul şi fondantul sunt introduse pe deasupra, iar pe la bază este introdus un flux puternic de aer fierbinte.

Datorită punctului scăzut de topire, acest fier cu conţinut mare de carbon poate fi retopit şi turnat în forme la fel de uşor ca ceara fierbinte. Aşadar, fonta este un material foarte potrivit pentru fabricarea rapidă de articole precum vase de gătit, ţevi sau piese de maşini, iar în epoca victoriană s-au produs o mulţime de grinzi din fontă. Ea are însă un mare dezavantaj: conţinutul mare de carbon face metalul casant, iar podurile de fontă, de exemplu, au prostul obicei de a se

dărâma dacă părţile lor structurale sunt îndoite sau întinse.

Inovaţia care a făcut cu adevărat posibile ultimele etape ale revoluţiei industriale este reprezentată de modalitatea de a transforma cu uşurinţă fonta brută în oţel. În ce priveşte conţinutul de carbon, oţelul se situează undeva între fierul forjat pur şi fontă (3–4% carbon): cu 0,2% carbon obţii oţelul dur folosit pentru piesele destinate utilajelor sau pentru elementele structurale, iar cu aproape 1,2% carbon obţii oţelul deosebit de dur folosit la fabricarea bilelor de rulmenţi sau a instrumentelor de tăiat montate pe strunguri. Aşadar, cum decarbonizăm fonta brută?

Convertizorul Bessemer este un fel de găleată uriaşă în formă de pară, căptuşită cu cărămidă refractară şi montată pe pivoţi ca să poată fi aplecată. Vasul este încărcat cu fontă brută topită, apoi se introduce aer prin nişte găuri aflate în partea de jos (cumva asemănător cu metoda de aerisire a unui acvariu). Carbonul în exces reacţionează cu oxigenul şi se degajă sub formă de dioxid de carbon, în timp ce restul impurităţilor se oxidează şi se acumulează sub formă de zgură. Un avantaj este că, în timp ce arde, carbonul degajă suficientă căldură pentru a menţine fierul topit pe tot parcursul procesului.

Problema este că nu poţi determina cu precizie dacă

ai eliminat aproape tot carbonul, lăsând în amestec mai puţin de 1% din el. Pentru a obţine compoziţia finală dorită, trebuie să continui procesul de conversie până când eşti absolut sigur că a fost eliminat tot carbonul, apoi să adaugi în metalul pur cantitatea necesară de carbon pentru a obţine oţelul dorit. Procesul Bessemer reprezintă prima metodă ieftină din istorie prin care s-a obţinut oţel în cantităţi mari, iar după apocalips vei dori să revii cât mai rapid în acest punct.

Sticla

În timp ce fierul şi oţelul sunt vedetele construcţiilor din lumea modernă industrializată, umila sticlă, peste care (sau prin care) se trece atât de uşor cu vederea a fost şi ea fundamentală pentru progresul nostru. Sticla, unul dintre primele materiale sintetice fabricate de omenire, a fost inventată în Mesopotamia leagănul primelor oraşe, cândva în al treilea mileniu î.Cr. Vom vedea imediat cum sticla prin combinaţia ei unică de proprietăţi specifice, constituie un element critic al ştiinţei. Dar să începem cu fabricarea acesteia.

Probabil ştii deja că sticla se face din nisip topit – sau, mai precis, din silice purificată (dioxid de siliciu). Dar dacă vei arunca pur şi simplu pumni de nisip în foc nu vei reuşi până la urmă decât să-l stângi. Problema este

că silicea are un punct de topire extrem de ridicat: în jur de 1650°C. Această temperatură depăşeşte cu mult posibilităţile unui cuptor simplu, iar faptul că ştii din ce se face sticla nu te ajută s-o fabrici. Sticla este produsă uneori în mod natural: dacă sapi în nisipul deşertului, s-ar putea să ai norocul să dezgropi tuburi lungi şi găurite de siliciu topit, asemănătoare adesea structurii complexe a unor rădăcini de copac. O astfel de structură se numeşte „fulgurit" sau „fulger pietrificat" şi se formează atunci când fulgerul loveşte nisipul uscat Curentul electric din fulger se scurge în pământ şi produce temperaturi suficient de înalte pentru a topi particulele de silice şi a le da forma unor tuburi de sticli Dar cum nu poţi exploata în mod direct puterea fulgerului, pentru a fabrica sticlă trebuie să scazi temperatura de topire a silicei până la pragul atins de un cuptor de ceramică, folosind un fondant Atât potasa, cât şi soda funcţionează perfect ca fondant al silicei în procesul de fabricare a sticlei, dar, aşa cum vom vedea în Capitolul îi, o operaţie chimică relativ simplă permite producerea sodei cu o mai mare uşurinţă şi în cantităţi însemnate. Prin urmare, majoritatea sticlei fabricate astăzi pentru geamuri sau recipiente este bazată pe var sodic – o soluţie de sodă cu var dizolvată în nisip, care îngheaţă la temperatura mediului ambiant.

Un cazan ceramic făcut din argilă arsă se umple cu granule de silice şi cu cristale de sodă. La încălzire, carbonatul de sodiu se descompune (eliberând dioxidul de carbon) şi se dizolvă în silice, coborându-i temperatura de topire. Dioxidul de carbon degajat, combinat cu oxigen şi azot, rămâne prins în amestecul iniţial, formând o topitură spumoasă. Trebuie folosit, prin urmare, un cuptor foarte bine încins, care să păstreze sticla topită foarte fluidă, iar cazanul trebuie lăsat în cuptor suficient de mult încât să permită acestor bule să se degaje şi să producă un gaz transparent. Din păcate, sticla produsă doar din silice şi fondant este solubilă în apă, iar acest fapt îi limitează foarte mult utilizările. Soluţia este adăugarea în cazan a unui al doilea aditiv, pentru a face sticla insolubilă: varul nestins – oxidul de calciu, cu care ne-am întâlnit în capitolul precedent – îndeplineşte foarte bine acest rol.

Silicea, materia primă de bază pentru producerea sticlei, reprezintă peste 40% din mantaua şi scoarţa Pământului; este de departe cel mai abundent compus dintre rocile planetei noastre. Dar această silice este amestecată deseori cu multe alte lucruri (inclusiv metale – ea este componenta principală din zgura eliminată după topire), iar pentru a fabrica sticlă transparentă şi incoloră trebuie să fie cât mai pură

posibil. Culoarea maronie a unor nisipuri este produsă, de exemplu, de prezenţa oxizilor de fier, iar aceştia vor colora sticla rezultată în verde – lucru bun în cazul unei sticle de vin, dar supărător când este vorba despre o fereastră sau un telescop. Materia primă cea mai bună pentru o sticlă transparentă şi incoloră este nisipul alb, strălucitor, sau alte silice necontaminate, cum ar fi pietricelele de cuarţ folosite pentru faimoasele pahare din „cristal" veneţian ori silexurile scoase din cretă, din care se face „cristalul de plumb" englezesc. (Ambele denumiri sunt, de fapt, greşite, pentru că atomii din sticlă sunt aranjaţi absolut dezordonat şi nu formează structuri cristaline.).

Fără îndoială, va exista o cantitate enormă de sticlă rămasă în urma civilizaţiei distruse. Tot ce s-a păstrat întreg poate fi refolosit, iar sticla spartă poate fi curăţată şi topită din nou; această operaţiune se poate repeta de nenumărate ori, fără degradarea materialului (spre deosebire de plastic, de exemplu). Dar în procesul ulterior de refacere a civilizaţiei, sau dacă vei naufragia pe o insulă pustie, va trebui la un moment dat să ştii cum să produci sticlă de la zero. De fapt, o insulă tropicală ar putea fi locul ideal de unde să aduni cele trei materii de bază necesare producerii unei sticle transparente, de foarte bună calitate: nisip alb fără fier, iarbă de mare, pentru a face din ea cenuşă sodică, şi

cochilii de scoici, care pot fi calcinate şi transformate în var.

Sticla în stare topită poate fi turnată în forme direct din cazan, însă una dintre proprietăţile sale aparte presupune un proces de fabricare mult mai util. Sticla este neobişnuită, în sensul că nu are un singur punct de topire. Vâscozitatea (sau fluiditatea) ei variază foarte mult în funcţie de temperaturi, aşa că materialul se poate lucra exact când devine flexibil, dar nu prea fluid, permiţând să fie „suflat". Se înfige un cocoloş de sticlă topită în vârful unui tub lung de lut sau de metal şi se suflă în el cu forţă pentru ca sticla să se umfle, imprimându-i direct forma dorită sau suflând-o într-o formă deja pregătită, pentru a obţine rapid obiecte de genul recipientelor.

În zilele noastre, ferestrele sunt esenţiale atât pentru iluminatul caselor, cât şi al zgârie-norilor; ea permite luminii soarelui să pătrundă în peşterile noastre artificiale, în timp ce ne fereşte de intemperii. În jurul secolului I d.Cr., romanii au fost primii care şi-au pus geamuri la ferestre, folosind bucăţi mici de sticlă turnată, în timp ce, la sfârşitul mileniului I, chinezii continuau să-şi acopere ferestrele cu hârtie, pe care o făceau translucidă ungând-o cu ulei. Vreme de mai multe secole, foile de geam erau făcute din sticlă suflată şi apoi întinsă cât încă era moale – mica adâncitură ce

se mai observă şi astăzi în mijlocul geamurilor caselor vechi de la ţară sau a puburilor indică locul din care s-a desprins ţeava sticlarului. Astăzi, foi de sticlă mari şi perfect netede se fac turnând sticla într-o baie de staniu topit, deasupra căruia pluteşte şi se întinde uniform, înainte să se răcească şi să se poată desprinde. Dar, în afară de acoperitul ferestrelor, sticla va avea şi altă utilizare fundamentală în timpul refacerii lumii postapocaliptice.

Proprietatea principală care face din sticlă un material atât de potrivit pentru geamuri este transparenţa ei, deoarece aceasta e o calitate rar întâlnită. Dar, de fapt, sticla oferă o întreagă combinaţie de calităţi fundamentale, pe care alte substanţe nu le au, calităţi care o fac absolut esenţială pentru ştiinţă: ea ajută la facilitarea studiului fenomenelor naturale, măsurând efectele pe care acestea le produc, ceea ce face posibilă dezvoltarea unor tehnologii şi mai eficiente. Barometrul şi termometrul au fost, de exemplu, primele două instrumente ştiinţifice inventate care se bazează pe observarea schimbărilor care se petrec într-o coloană de lichid. Ar fi fost imposibil ca aceste fluctuaţii să fie vizibile fără sticlă, care este şi rezistentă, şi transparentă.

Lamele de microscop se bazează şi ele pe posibilitatea imobilizării unor probe minuscule pe un

substrat care permite trecerea luminii. Sticla este şi suficient de rezistentă pentru a permite fabricarea unor recipiente etanşe care să genereze vid. Tuburile vidate, indispensabile în producerea razelor X (vezi Capitolul 7), au avut un rol esenţial în descoperirea electronilor şi a altor particule subatomice. Baloanele etanşe de sticlă reprezintă elemente centrale în fabricarea becurilor cu filament sau a lămpilor fluorescente: ele conţin o atmosferă internă specifică, permiţând astfel luminii să strălucească şi să fie transmisă în exterior.

Pe lângă faptul că este transparentă, rezistentă la căldură şi destul de dură încât să se poată face din ea vase cu pereţi subţiri, sticla mai este şi în mare măsură inertă – un aspect central în toate cercetările din domeniul chimiei. Acest material poate fi turnat sau suflat pentru a obţine orice formă necesară instrumentarului de laborator: eprubete, retorte, pahare cu cioc, biurete, pipete, tuburi, condensatoare, coloane de fracţionare, seringi de gaz, cilindri de măsurare şi vase de observare. Este greu de imaginat cum ar fi putut progresa chimia dacă nu avea acces la acest material deopotrivă inert şi transparent, care ne permite să urmărim ce se petrece într-o anumită reacţie fără a o contamina.

Dar poate cel mai mare dar al sticlei este că poate controla şi manipula lumina. Acest lucru ne permite nu

numai să luăm mici probe din natură şi să le studiem în condiţii de izolare, ci şi să ne amplificăm capacitatea propriilor simţuri.

Romanii, maeştri ai fabricării sticlei, au remarcat că un glob de sticlă pare să mărească obiectele din spatele lui. N-au făcut însă niciodată următorul pas conceptual, acela de a şlefui o bucată de sticlă şi a i da o formă curbată, creând o lentilă. Lentilele se bazează pe principiul refracţiei: traiectoria unei raze de lumină este deviată atunci când trece dintr-un mediu transparent în altul. Putem ilustra acest lucru băgând un băţ în apă: partea de sub apă a băţului va părea strâmbă. La baza acestui fenomen stă faptul că razele de lumină se refractă la suprafaţa apei, care este interfaţa dintre apă şi aer. O bucată de sticlă cu o formă convexă pe ambele feţe controlează refracţia razelor de lumină care o străbat. Lumina care pătrunde în apropierea marginii exterioare a lentilei este deviată brusc spre interior, pentru că loveşte suprafaţa în unghi larg; cea care pătrunde în apropierea centrului are o deviere mai mică; iar razele care trec fix prin centru îşi continuă drumul pe aceeaşi direcţie. Toate traiectoriile luminoase se întâlnesc într-un singur punct: focarul. Acesta este principiul lupei.

Ochelarii reprezintă prima tehnologie optică din istorie şi au apărut în Italia în jurul anului 1285. Aceştia

aveau lentile convexe şi îi ajutau pe oamenii cu hipermetropie, afecţiune care apare de obicei mai târziu în viaţă, când ochii nu mai pot să se focalizeze pe obiectele aflate în apropiere. Corecţia miopiei are nevoie de lentile concave, iar şlefuirea acestui tip de lentile – care au două feţe curbate spre interior şi provoacă dispersia razelor de lumină – este ceva mai complicată.

Adevăratul progres a apărut odată cu înţelegerea faptului că, din moment ce lentilele par să mărească obiectele văzute prin ele, combinarea atentă a mai multe piese de acest gen ne poate permite să vedem la o distanţă foarte mare: adică însăşi esenţa telescopului. Acest instrument a fost iniţial folosit de căpitanii de corăbii, dar nu după mult timp a fost îndreptat spre cer şi a declanşat marea revoluţie a felului în care înţelegem cosmosul şi locul nostru în el. Dar lentilele de sticlă permit şi mărirea lucrurilor extrem de mici, iar microscopul a devenit absolut indispensabil pentru înţelegerea microbiologici şi a teoriei germenilor, pentru examinarea structurii cristalelor şi a mineralelor şi pentru dezvoltarea metalurgiei.

Sticla, una dintre primele substanţe sintetizate artificial de omenire, acum peste 5500 de ani, ne-a permis să cercetăm natura şi să construim tehnologii noi, de la prima pereche de ochelari pentru citit până la

telescopul spaţial Hubble. Dintre cele şase instrumente indispensabile dezvoltării ştiinţei inventate în secolul al XVII-lea – ceasul cu pendul, termometrul, barometrul, telescopul, microscopul şi pompa de aer (toate esenţiale pentru redescoperirea lumii după apocalips) –, doar unul singur, ceasul cu pendul, nu se bazează pe combinaţia unică de proprietăţi oferite de sticlă.

Este uimitor când te gândeşti că telescoapele care ne permit să vedem în adâncurile cosmosului şi microscoapele cu ajutorul cărora pătrundem structura minusculă a materiei se bazează pe o bucată de nisip topită şi curbată. Sticla a schimbat la propriu felul în care vedem lumea. Şi va fi crucială pentru refacerea civilizaţiei, atât ca material de construcţie, cât şi ca mijloc tehnologic al dezvoltării ştiinţei. Termometrul, barometrul şi microscopul sunt, de asemenea, esenţiale pentru examinarea stării corpului omenesc, medicina fiind cea asupra căreia ne vom îndrepta acum atenţia.

Medicina

„Oraşul era pustiu. Niciun supravieţuitor al acestei rase nu mai rătăcea printre ruine, cu tradiţii transmise din tată-n fiu şi din generaţie în generaţie. [...] Aici se aflau rămăşiţele unui popor cultivat, rafinat şi straniu, care trecuse prin toate etapele specifice ascensiunii şi

decăderii naţiunilor; îşi atinsese epoca de aur, apoi pierise. [...] Din întreaga poveste a istoriei lumii, nimic nu m-a impresionat vreodată mai puternic decât spectacolul acestui oraş cândva măreţ şi încântător, acum ruinat, pustiu şi pierdut, năpădit de copaci şi fără măcar un nume după care să-l deosebeşti."

John Lloyd Stephens, exploratorul care a descoperit rămăşiţele civilizaţiei maya.

Prăbuşirea civilizaţiei tehnologice va duce la dispariţia aproape completă a serviciilor medicale contemporane. Pentru cei care trăiesc în ţări dezvoltate, unde ambulanţa poate fi chemată printr-un simplu telefon, dispariţia sistemului medical şi a liniştii asociate cu acesta va fi un lucru înfricoşător. Fiecare rană devine de-acum potenţial letală. O fractură complexă de picior, provocată de o alunecare pe molozul dintr-un oraş abandonat, devine mortală dacă nu are parte de îngrijire medicală adecvată. Chiar şi accidentele banale pot însemna o condamnare la moarte: de exemplu, o înţepătură în deget care ulterior se infectează şi otrăveşte sângele. Aşadar, imediat după catastrofă ar putea urma o continuă scădere a populaţiei, pur şi simplu pentru că rata deceselor provocate de răni şi boli riscă să depăşească rata naşterilor. Fără acces la antibiotice, la intervenţii

chirurgicale sau la medicamentele care prelungesc viaţa corpului tot mai deteriorat de bătrâneţe, supravieţuitorii se pot aştepta ca speranţa de viaţă să scadă vertiginos faţă de media de 75–80 de ani, cu care ne-am obişnuit în lumea dezvoltată de azi. Chiar dacă vor supravieţui mulţi medici, chirurgi şi asistente medicale, competenţele pe care le au vor deveni rapid inutile fără acces la echipamente de diagnostic şi analize de sânge sau fără să aibă la dispoziţie produsele farmaceutice moderne. Şi ce se întâmplă dacă această ştiinţă medicală specializată se pierde şi ea? Cum poţi accelera recuperarea unor cunoştinţe obţinute de-a lungul mai multor secole?

Asemenea celei mai mari părţi a subiectelor acoperite în această carte, ar fi imposibil să descriu în detaliu chiar şi o părticică neînsemnată a ştiinţei medicale: sistemul complex de organe, ţesuturi şi mecanisme moleculare ce guvernează un corp uman sănătos şi felul în care acestea sunt tulburate de boli sau de răni; nenumăratele medicamente pe care le folosim astăzi şi cum să le sintetizăm; sau multitudinea de intervenţii chirurgicale complexe. Însă sper să-ţi explic cunoştinţele de bază, care te vor ajuta să treci cu bine peste perioada imediat următoare apocalipsului, şi să-ţi descriu instrumentele şi tehnicile care vor fi esenţiale pentru accelerarea redescoperirii celorlalte informaţii.

Astăzi, majoritatea occidentalilor vor sfârşi prin a muri din cauza unor boli cronice – precum afecţiunile cardiace sau cancerul –, pe măsură ce organismul va începe să nu mai funcţioneze la fel de bine odată cu înaintarea în vârstă. Dar, la fel cum s-a întâmplat în decursul istoriei sau cum se întâmplă acum în ţările în curs de dezvoltare, omenirea va fi cel mai mult afectată în lumea postapocaliptică de infecţii contagioase.

Multe dintre aceste boli sunt o consecinţă a civilizaţiei înseşi. În particular, domesticirea animalelor şi traiul în apropierea lor le-au permis bolilor să depăşească bariera speciilor şi să-i infecteze pe oameni. Vitele au transmis în bazinul patogenic al omenirii tuberculoza şi variola, caii ne-au transmis rinovirusul (răceala comună), pojarul ni se trage de la câini şi de la vite, iar porcii şi păsările continuă să ne transmită gripă. În plus, viaţa urbană încurajează dezvoltarea bolilor: densitatea umană permite propagarea rapidă a bolilor cu transmitere prin contact direct sau prin intermediul aerului, iar igiena publică precară are ca rezultat pandemii de boli transmisibile prin apă. Până relativ de curând, rata mortalităţii urbane era atât de mare, încât populaţia oraşelor era menţinută doar printr-un aflux constant de migranţi din zona rurali Dar, în ciuda riscurilor presupuse de acest lucru, traiul laolaltă favorizează comerţul şi transmiterea rapidă a

unor bunuri şi mai importante: ideile. Pe măsură ce populaţia îşi va reveni după apocalips, urbanizarea va încuraja din nou colaborarea între oameni cu pregătire diferită şi va accelera redezvoltarea tehnologiilor complexe.

Să vedem mai întâi cum putem asigura sănătatea supravieţuitorilor, ferindu-i de boli, şi cum putem garanta naşteri fără probleme, pentru permite o creştere cât mai rapidă a populaţiei.

Bolile infecţioase

Ar fi cât se poate de ironic să supravieţuieşti sfârşitului lumii numai ca să mori câteva luni mai târziu din cauza unei infecţii uşor de prevenit. Într-o lume fără antibiotice şi antivirale, vei dori cu disperare să te fereşti de infecţii. Contagiunea se produce atunci când mecanismele de apărare a corpului sunt copleşite de o invazie microbiană, iar cunoaşterea regulilor de bază ale igienei reprezintă cea mai sigură cale de a-ţi salva viaţa imediat după catastrofă.

În prezent, cunoaştem foarte bine mecanismul holerei. Bacteria *Vibrio* se înmulţeşte rapid în supa bogată în substanţe nutritive din intestinul mic şi atacă peretele intestinal cu o toxină moleculară ce provoacă diaree, ceea ce facilitează răspândirea acestei bacterii la

alte gazde. Multe infecţii enterice se bazează pe un mecanism asemănător şi se răspândesc rapid prin ceea ce medicii numesc transmitere fecal-orală, iar cel mai simplu mod de prevenţie este ruperea acestui ciclu.

La nivel individual, cel mai eficient lucru pe care îl poţi face pentru a te proteja de boli şi paraziţi ce îţi pot pune viaţa în pericol este să te speli regulat pe mâini (folosind săpunul pe care ai învăţat să-l fabrici în Capitolul 5). Spălatul pe mâini nu este un vestigiu ritualic pe care îl vei fi moştenit din civilizaţia modernă, o chestiune de bune maniere ce îţi păstrează mâinile frumoase, ci un element fundamental de supravieţuire, un fel de autoîngrijire medicală. Pe lângă igiena elementară, societatea din care faci parte trebuie să se asigure că apa pe care o bei nu este contaminată de excremente. Acestea sunt elementele necesare asigurării sănătăţii publice moderne, iar aplicarea principiilor de bază ale teoriei germenilor (potrivit căreia multe boli sunt provocate de microorganisme transmise de la om la om) va garanta existenţa unei societăţi postapocaliptice mai sănătoase decât a fost cea a înaintaşilor noştri până la jumătatea secolului al XIX-lea.

Dacă se întâmplă totuşi să contractezi vreo infecţie enterică, vestea bună este că ai mari şanse să scapi de ea. Nici măcar holera, care a făcut ravagii în istorie, nu

este direct mortală: se moare din cauza deshidratării rapide provocate de diareea abundentă, care duce uneori la pierderea a 20 de litri de fluide într-o singură zi. Tratamentul este uimitor de simplu, deşi nu a fost adoptat pe scară largă decât din anii 1970. Terapia de rehidratare orală (TRO) constă în administrarea a nu mai mult de un litru de apă curată, în care s-au amestecat o lingură de sare şi trei linguri de zahăr, pentru a înlocui apa pierdută în timpul bolii, împreună cu un raport corect de substanţe dizolvate. Pentru a supravieţui holerei nu ai nevoie de medicamente sofisticate, ci de îngrijire atentă.

Naşterea şi îngrijirea neonatală

Fără intervenţia medicală modernă, naşterea va redeveni periculoasă atât pentru mamă, cât şi pentru copil. Astăzi, complicaţiile grave survenite în timpul naşterii se rezolvă deseori printr-o operaţie cezariană: chirurgul secţionează peretele abdominal şi uterul pentru a scoate nou-născutul. Deşi a devenit o operaţie rutinieră şi uneori este solicitată de mamă chiar dacă nu reprezintă o necesitate medicală, cezariana a fost folosită vreme de secole doar ca ultimă soluţie de salvare a copilului, medicul recurgând la ea odată cu moartea mamei sau când nu mai exista nicio speranţă.

Primele cazuri cunoscute de femei care au supravieţuit acestei operaţii nu au apărut decât după anii 1790, iar în a doua parte a secolului al XIX-lea rata mortalităţii încă depăşea 80%. Cezariana este încă o operaţie foarte complicată şi traumatică, iar imediat după apocalips nu va reprezenta o alternativă sigură la naşterea naturală.

La începutul secolului al XVI-lea, a fost dezvoltată o modalitate nechirurgicală de a ajuta copilul în timpul unei naşteri dificile. Forcepsul a adus obstetricii o îmbunătăţire majoră, permiţând moaşei sau doctorului să pătrundă pe canalul de naştere şi să apuce ferm, dar cu grijă, craniul fătului, reorientându-l sau trăgându-l încet afară. [25] O îmbunătăţire importantă a fost dezvoltarea unei versiuni de forceps în care cele două braţe se puteau detaşa de pivot, pentru a putea fi poziţionate în mod independent Cu timpul, acest instrument a continuat să fie perfecţionat, astfel încât braţele forcepsului să urmeze curbura anatomică a pelvisului mamei (şi să acţioneze în tandem cu contracţiile musculare), iar capetele de prindere să se potrivească formei craniului fătului.

---

[25] Familia de medici care a inventat forcepsul a păstrat acest secret vreme de peste un secol, pentru că un astfel de instrument le oferea mari avantaje băneşti faţă de obstetricienii care nu-l aveau. Pentru a-l tăinui cât mai bine, îl aduceau într-o cutie căptuşită, pe care o deschideau numai după ce observatorii părăseau camera, iar mama era legată la ochi.

Pruncii născuţi prematur şi cei cu o greutate foarte mică riscă să moară dacă nu sunt ţinuţi la căldură într-un incubator de spital până devin capabili să-şi regleze singuri temperatura corpului. Incubatoarele moderne sunt dispozitive scumpe şi sofisticate şi, asemenea multor alte echipamente medicale, când sunt donate spitalelor din ţările în curs de dezvoltare, acestea încetează să mai funcţioneze din cauza oscilaţiilor de tensiune a curentului electric, a lipsei pieselor de schimb sau a asigurării specialiştilor care să le repare. Potrivit unor studii, până la 95% din echipamentele donate unor astfel de spitale devin inoperante în primii cinci ani. O companie care se numeşte Design that Matters încearcă să remedieze această problemă, iar soluţia ingenioasă propusă de ea este un exemplu excelent pentru ce tip de tehnologie s-ar potrivi în cazul unui scenariu postapocaliptic. Proiectul lor de incubator foloseşte componente standard de automobile: farurile sunt folosite ca sursă de încălzire, ventilatorul de bord face aerul filtrat să circule, senzorul care anunţă deschiderea portierei are rol de alarmă, iar bateria unei motociclete este folosită pentru alimentarea electrică de rezervă în cazul penelor de curent sau când incubatorul este transportat. Toate aceste piese vor fi uşor de găsit după catastrofă, putând fi reparate de orice mecanic din zonă.

Forceps

Examinarea medicală şi diagnosticul

Abilitatea principală a unui medic constă în stabilirea unui diagnostic, adică identificarea afecţiunii de care suferă un pacient, ceea ce îi permite să hotărască tratamentul sau intervenţia chirurgicală potrivită. Medicul îi cere pacientului să-i descrie în detaliu simptomele pe care le are şi de ce alte boli a mai suferit. Combinarea acestor informaţii cu semnele clinice descoperite în timpul examinării fizice îl ajută pe acesta să determine cauzele probabile ale afecţiunii şi ce

investigaţii ulterioare să ceară: analize de sânge, examinări microscopice ale unor probe recoltate din corpul pacientului sau imagistică internă cu ajutorul razelor X ori a tomografiilor computerizate. Rezultatele acestor investigaţii furnizează indiciile necesare stabilirii unui diagnostic.

În timpul apocalipsului, nu numai că toate aceste echipamente complexe de testare şi scanare se vor pierde, dar se va pierde şi o mare parte din experienţa medicală. Spre deosebire de celelalte domenii discutate în această carte, medicina şi chirurgia se bazează foarte mult pe cunoaştere implicită sau tacită – lucruri pe care ai învăţat să le faci, dar pe care ţi-ar fi foarte greu să le transmiţi altcuiva folosind doar cuvinte şi imagini. În Marea Britanie, pentru a deveni medic autorizat este nevoie de zece ani de studii medicale şi rezidenţiat, toate acestea fiind făcute sub îndrumarea unor persoane deja calificate. Dacă prăbuşirea civilizaţiei întrerupe acest ciclu de transmitere a cunoştinţelor, îţi va fi imposibil să înveţi de unul singur practicile necesare şi să dobândeşti experienţa interpretării simptomelor doar din manuale. Să aruncăm, aşadar, o privire asupra bazei însăşi a medicinei şi a chirurgiei: dacă toată expertiza şi toate echipamentele vor fi dispărut, cum vei putea recupera cunoştinţele şi abilităţile fundamentale?

Un diagnostic avizat se bazează pe o varietate de investigaţii, dar, până la începutul secolului al XIX-lea, profesia medicală nu avea nici măcar un singur instrument care să-i permită doctorului să evalueze starea internă a organismului; medicii erau nevoiţi să se bazeze pe semnele externe vizibile, palpând cu vârful degetelor eventualele organe bolnave sau mase anormale, ori bătând în abdomen şi în torace în căutarea anumitor sunete care indicau prezenţa de aer sau de fluid. (Această tehnică de percuţie a fost inventată de fiul unui hangiu, care evalua astfel cât vin mai rămăsese într-un butoi.).

Instrumentul care a transformat diagnosticarea medicală este uimitor de simplu. Stetoscopul se poate reduce la un tub gol de lemn, cu o extremitate lipită de ureche şi cu cealaltă apăsând corpul pacientului – sau chiar la un sul de hârtii, adică forma pe care a avut-o acest instrument când a fost inventat în 1816. Lui Rene Laennec nu-i prea venea să-şi lipească urechea şi obrazul de pieptul unei femei foarte grase, aşa că a căutat o soluţie simplă: şi-a dat seama că tubul pe care l-a improvizat era perfect adecvat să transmită zgomotele inimii, ba chiar să le amplifice. Un stetoscop poate dezvălui zgomotele din interiorul corpului: de la anomalii în bătăile inimii până la şuierături şi pârâituri care indică o boală de plămâni, liniştea dintr-un

intestin obstrucţionat sau bătăile estompate ale inimii unui fetus.

Până la sfârşitul secolului al XIX-lea, trusa medicală standard nu conţinea doar stetoscopul, ci şi termometrele compacte, cu care se măsura temperatura corpului, sau manşetele gonflabile legate de un instrument de măsură, pentru a verifica presiunea arterială. Termometrul clinic poate descoperi o febră care să indice prezenţa unei infecţii, iar urmărirea evoluţiei temperaturii poate chiar sugera existenţa anumitor boli. Stetoscopul va rămâne însă instrumentul de bază pentru verificarea stării interne a corpului omenesc până când societatea postapocaliptică va învăţa din nou cum să genereze o formă de lumină ce presupune o energie foarte ridicată. Iată cum se poate face asta.

În ultimele decenii ale secolului al XIX-lea, au fost descoperite două emanaţii neobişnuite. Prima dintre ele era emisă de electrodul negativ, atunci când între două plăci de metal se aplica curent de înaltă tensiune. Aceste emisii, numite atunci raze catodice, sunt recunoscute astăzi drept electroni: agenţii curentului electric dintr-un fir, accelerați de puternicul câmp electric creat de tensiune. Electronii emişi sunt rapid absorbiţi chiar şi de o materie simplă cum este aerul, motiv pentru care razele catodice pot străbate distanţe

apreciabile doar în interiorul unui recipient lipsit de orice gaz. Prin urmare, razele catodice au putut fi observate doar după ce oamenii de ştiinţă au reuşit să producă pompe de vid eficiente, care să extragă aproape tot aerul din recipiente de sticlă închise ermetic.

Cantitatea mică de gaz care mai rămânea la început în aceste tuburi vidate producea o strălucire ciudată, care se datora mişcării rapide a electronilor (efect exploatat în tuburile fluorescente). Vrând să elimine această lumină pentru a putea studia felul în care razele catodice penetrează peretele unui tub vidat, fizicianul german Wilhelm Röntgen l-a înfăşurat în carton negru. Atunci a observat în cealaltă parte a laboratorului un ecran fluorescent, care avea o strălucire verde, estompată. Întrucât acest ecran se afla la distanţă prea mare ca să ajungă la el razele catodice, Röntgen a dat noilor raze invizibile numele de raze X, din cauza naturii lor misterioase. Acum ştim că razele X sunt unde electromagnetice de energie foarte mare emise atunci când electronii acceleraţi se ciocnesc de electrodul pozitiv în tubul vidat.

Spre marea lui uimire, Röntgen şi-a dat seama că razele X ne permit să vedem prin obiecte solide: de exemplu, conţinutul unor cutii de lemn închise; iar lucrul cel mai ciudat dintre toate este că, în 1895, a

reuşit să folosească razele X pentru a fotografia oasele mâinii soţiei sale. Cum razele X sunt absorbite mai uşor de structura internă densă a oaselor decât de ţesuturile moi, imaginea arăta, în esenţă, umbra oaselor ei, evidenţiate de o lumină puternică ce-i trece direct prin corp. Razele X sunt periculoase şi conţin destulă energie încât să declanşeze mutaţii şi să provoace cancer, motiv pentru care pacienţii nu trebuie expuşi decât pentru intervale scurte, suficient cât să se obţină o captură fotografică, în timp ce doctorul stă în spatele unui ecran de plumb. Luând în calcul aceste riscuri pentru sănătate, radiografia ne oferă ocazia să explorăm interiorul întregului corp, permiţându-ne să examinăm organe vitale, să evaluăm fracturi osoase sau să localizăm tumori – şi din acest motiv este mult mai folositoare în stabilirea unui diagnostic decât predecesorul său, stetoscopul.

Dar posibilitatea de a examina din exterior starea interioară a unui corp reprezintă doar jumătate din problema cu care te vei confrunta după apocalips. Examinarea pacienţilor trebuie asociată cu o înţelegere precisă a felului în care este alcătuit corpul omenesc: trebuie literalmente să ne cunoaştem pe dinăuntru. Dacă această cunoaştere amănunţită a complexităţii structurii noastre interne s-a pierdut, cum o putem redescoperi de la zero, astfel încât să ne dăm seama

dacă a apărut vreo anomalie?

Măcelăritul permite familiarizarea cu alcătuirea internă a animalelor, dar corpul nostru prezintă deosebiri structurale importante, ceea ce va face absolut necesar recursul la disecţii umane în vederea edificării. Anatomia şi disecţia post-mortem sunt esenţiale pentru a se dezvolta din nou patologia, adică înţelegerea cauzelor profunde ale bolilor. Semnele exterioare şi simptomele suferinţei pacientului viu pot fi corelate cu anomalii anatomice depistabile numai după moarte. Recunoaşterea faptului că o anumită boală este cauzată deseori de nefuncţionarea unui anumit organ, şi nu de o problemă a întregului sistem – aşa cum sugera credinţa premodernă în dezechilibrul dintre umori: sânge, flegmă, bilă neagră şi bilă galbenă –, este fundamentală pentru ştiinţa patologiei, permiţând tratarea cauzei subiacente a unei boli, şi nu doar simptomele acesteia.

Odată identificată cauza fundamentală, următorul pas îl reprezintă prescrierea de medicamente sau efectuarea unei intervenţii chirurgicale.

Medicamentele

Diagnosticarea corectă a unei boli este utilă numai dacă ai dezvoltat deja o serie de preparate farmaceutice

despre care se ştie că tratează eficient anumite afecţiuni. În cea mai mare parte a istoriei omenirii, acest lucru a fost o adevărată piatră de poticnire, iar până în secolul XX, medicamentele erau în mare măsură ineficiente. Imaginează-ţi frustrarea medicului care înţelegea ce boală îi omoară pacienţii, dar era incapabil să-i găsească leacul.

Multe medicamente şi tratamente moderne sunt extrase din plante, iar tradiţiile şi folclorul plantelor medicinale au apărut odată cu primele civilizaţii. În urmă cu aproape 2500 de ani, Hipocrat – renumit pentru jurământul pe care se bazează codul etic al medicilor – recomanda mestecarea frunzelor de salcie pentru uşurarea durerilor, iar vechea medicină chineză, bazată pe plante, prescria şi ea scoarţă de salcie pentru controlul febrei. Uleiul esenţial extras din lavandă are proprietăţi antiseptice şi antiinflamatoare, aşa că este folosit în unguente pentru tăieturi şi lovituri, în timp ce uleiul de arbore de ceai a fost folosit pentru acţiunea lui antiseptică şi antifungică. Digitalina se extrage din planta numită degeţel şi poate încetini ritmul bătăilor inimii, pentru cei cu puls rapid şi neregulat, în timp ce chinina, extrasă din coaja arborelui de chinină, este folosită în tratamentul malariei, aflându-se de asemenea la baza gustului amar al apei tonice.

O categorie de medicamente asupra căreia vom

zăbovi puţin este cea a analgezicelor, adică a medicamentelor care uşurează durerea. Aceste produse farmaceutice sunt paliative, adresându-se mai degrabă simptomelor decât cauzei bolii, şi sunt cele mai utilizate medicamente din lume – de la dureri de cap până la afecţiuni mult mai grave. Analgezia reprezintă o condiţie prealabilă pentru redezvoltarea chirurgiei. Mestecatul cojii de salcie poate alina durerile de mică intensitate, iar în cazul rănilor superficiale sau al unor intervenţii chirurgicale minore, precum incizia unui furuncul, pot fi folosiţi ca analgezice locale ardeii iuţi. Capsaicina, care dă impresia că îţi arde gura după ce ai muşcat dintr-un ardei iute, are un efect contrastimulent, spre deosebire de efectul răcoritor al mentolului, şi poate fi aplicată pe piele pentru a masca semnalele de durere (atât capsaicina, cât şi mentolul se folosesc şi ca plasturi pentru durere sau unguente gen Tiger Balm).

Dar analgezicul universal folosit încă din Antichitate este furnizat de mac. Opiul reprezintă seva lăptoasă, de culoare roz, care poate fi extrasă după ce macii au înflorit. În mod tradiţional, opiul este recoltat zilnic prin câteva incizii de mică adâncime făcute în măciulia de mac, care permit sevei să iasă şi să se usuce sub formă de clei negru, colectat prin răzuire în dimineaţa următoare. Principalele narcotice din opiu sunt

morfina şi codeina: seva uscată de mac poate conţine până la 20% morfină. Aceste opiacee sunt mult mai solubile în etanol decât în apă, iar laudanum, o tinctură de opiu puternică (dar care predispune la adicţie), se obţine dizolvând pudră de opiu în alcool. Un sistem mult mai puţin laborios, inventat în anii 2930, foloseşte ca procedeu de obţinere a opiului din mac spălarea seminţelor în mai multe ape (deseori uşor acide, pentru a îmbunătăţi solubilitatea), după ce planta a fost mai întâi secerată, treierată şi vânturată, la fel ca cerealele. Seminţele de mac se păstrează pentru a fi mâncate sau replantate. De fapt, 90% dintre opiaceele medicale de azi se obţin în continuare, din recoltele de mac.

Aceste decocturi, sau tincturi neprelucrate din extrase de plante, prezintă riscuri ce nu pot fi neglijate: fără capacitatea de a le analiza chimic, nu vei putea şti concentraţia ingredientului activ, iar dacă iei doze prea mari poate fi periculos (mai ales dacă, asemenea digitalinei, afectează ritmul cardiac). Dozajul eficient s-ar putea să se încadreze între anumite limite restrânse: trebuie să administrezi suficientă substanţă pentru a fi eficientă, dar nu şi letală.

În cazul majorităţii bolilor grave, care pun viaţa în pericol – de la infecţiile generalizate până la septicemie şi cancer –, simplul amestec de plante nu este suficient pentru a asigura un tratament eficace. Fenomenala

revoluţie medicală de după cel de-al Doilea Război Mondial s-a bazat pe abilitatea chimiei organice de a izola şi manipula compuşi farmaceutici. Produsele farmaceutice de azi, disponibile în concentraţii precis cunoscute, fie au fost sintetizate artificial, fie au fost obţinute pornind de la plante modificate cu ajutorul chimiei organice în scopul creşterii eficacităţii sau al scăderii efectelor secundare. De exemplu, o modificare chimică relativ simplă adusă ingredientului activ din coaja de salcie, acidul salicilic, a permis păstrarea eficacităţii acestuia în reducerea febrei şi a durerii, scăzându-i în acelaşi timp efectul iritant avut asupra stomacului. Aşa a apărut aspirina, cel mai folosit medicament din istoria medicinei.

Un principiu important al medicinei bazate pe dovezi pe care va trebui să-l înveţi îl constituie testul obiectiv prin care determini dacă un anumit compus sau tratament chiar dă rezultate – sau dacă trebuie aruncat împreună cu inutilele leacuri băbeşti şi amestecuri homeopatice.[26] În mod ideal, analiza obiectivă a eficienţei unui test clinic are nevoie de un număr mare de pacienţi, împărţiţi în două grupuri: unul primeşte noul tratament, şi celălalt – grupul de

[26] Unul dintre primele teste clinice a fost întreprins în 1747 pe pacienţi care sufereau de scorbut, pentru a demonstra dacă citricele conţin cu adevărat un agent protector împotriva acestei boli.

control, care constituie punctul de comparaţie – primeşte un placebo sau cel mai eficient medicament disponibil în momentul experimentului. Cele două componente de bază ale testelor clinice sunt desemnarea aleatorie a subiecţilor din fiecare grup, pentru a elimina eventualele părtiniri, şi folosirea metodei de tip „dublu orb": nici pacienţii şi nici medicii nu ştiu cine în ce grup a fost repartizat, până la obţinerea şi analiza rezultatelor. În timpul noii dezvoltări a ştiinţei medicale, munca metodică şi meticuloasă nu va putea fi evitată, ceea ce va presupune şi apelul la practici dezagreabile, cum ar fi testarea pe animale, cu scopul de a uşura suferinţa umană.

Chirurgia

Pentru anumite afecţiuni, cea mai bună intervenţie este cea chirurgicală: corectarea sau îndepărtarea fizică a elementelor defectuoase prezente în maşinăria organismului. Dar, înainte de a ţi pune problema să te apuci de orice intervenţie chirurgicală (care să ofere pacientului o cât de mică şansă de supravieţuire) – adică să provoci o rană corpului în mod intenţionat pentru a-l deschide şi a vedea ce e înăuntru, astfel încât să-i meştereşti măruntaiele asemenea unui mecanic de

maşini există câteva condiţii prealabile pe care o societate postapocaliptică va trebui să le dezvolte. Ele sunt cei trei A: anatomia, asepsia, anestezia.

Am văzut deja că este necesar să cunoşti alcătuirea corpului uman pentru a putea deosebi un organ sănătos de unul bolnav. Fără o înţelegere amănunţită a anatomiei, chirurgii postapocaliptici nu vor face decât să bâjbâie pe întuneric. Este necesară o hartă detaliată a alcătuirii interne a corpului, a structurilor şi a formelor normale avute de toate componentele lui; trebuie să se înţeleagă cum funcţionează fiecare organ şi să se ştie traseele principalelor vase de sânge şi nervi, pentru a preveni tăierea lor accidentală.

Asepsia este principiul prevenirii pătrunderii microbilor în organism în timpul actului chirurgical (şi reprezintă mai mult decât curăţarea ulterioară a rănii cu antiseptice, precum iodul sau o soluţie de etanol, care reprezintă singurele opţiuni doar pentru curăţarea unei răni accidentale). Pentru a menţine condiţii aseptice, sala de operaţie trebuie curăţată cu mare scrupulozitate, iar aerul care pătrunde în ea trebuie filtrat. Înainte de incizie, locul operat trebuie curăţat cu o soluţie de etanol cu 70% concentraţie, iar corpul pacientului trebuie acoperit cu pânze sterile. Chirurgii trebuie să poarte mănuşi chirurgicale şi măşti faciale, să se spele bine cu peria pe mâini şi pe antebraţe şi să

opereze cu instrumentar chirurgical sterilizat la temperatură înaltă.

Al treilea element crucial este anestezia. Anestezicele nu vindecă boala, dar fac ceva la fel de valoros: suprimă temporar toată sensibilitatea la durere sau chiar induc o stare completă de inconştienţă. Fără ele, chirurgia ar fi o experienţă îngrozitor de traumatică, şi nu ar trebui să se recurgă la ea decât în ultimă instanţă. Chirurgul ar trebui să lucreze rapid, incizând în ciuda tensiunii musculare şi a spasmelor unui pacient care se zbate în agonie – iar acest lucru este indicat doar în cazul unor operaţii simple: scoaterea unei pietre la rinichi sau amputarea unui membru cangrenat cu un fierăstrău de măcelar. Însă, dacă pacientul este insensibilizat, chirurgul îşi poate permite să lucreze cu mai multă atenţie şi poate risca operaţii invazive în piept sau în abdomen, precum şi intervenţii chirurgicale exploratorii, menite să descopere cauza unei boli.

Primul gaz recunoscut pentru proprietăţile sale anestezice a fost protoxidul de azot, sau „gazul ilariant”; inhalat în doze îndeajuns de mari, acesta creează o senzaţie de euforie ce poate duce la pierderea cunoştinţei, fiind suficient pentru intervenţii chirurgicale sau dentare. Protoxidul de azot este produs de descompunerea azotatului de amoniu prin

încălzire – trebuie să ai grijă însă, întrucât este un compus instabil, ce poate exploda la temperaturi care depăşesc 240°C. Gazul anestezic este ulterior răcit şi curăţat de alte impurităţi prin filtrarea prin apă. Azotatul de amoniu poate fi produs la rândul lui din reacţia amoniacului cu acidul azotic (vezi Capitolul îi). Protoxidul de azot este bun pentru atenuarea senzaţiei de durere, dar nu este un anestezic foarte puternic. Administrat însă împreună cu alte anestezice, de exemplu cu eterul dietilic (numit, pe scurt, eter), acţionează ca un potenţator, sporindu-le eficacitatea. Eterul poate fi produs amestecând etanol cu un acid puternic (de exemplu, acid sulfuric) şi apoi extrăgând eterul prin distilare din reacţia rezultată. Este un anestezic administrat prin inhalare suficient de puternic şi, cu toate că acţionează destul de lent şi produce greaţă, este sigur din punct de vedere medical (deşi poate exploda). Avantajul eterului este că, pe lângă starea de inconştienţă pe care o induce, acţionează şi ca relaxant muscular şi reuşeşte să aline durerea.

Microbiologia

Dar ce se va întâmpla dacă, după mai multe generaţii, societatea postapocaliptică va fi regresat atât

de mult, încât teoria germenilor să se fi pierdut, iar molimele să fie atribuite din nou aerului stricat (*mala aria*) sau zeilor capricioşi? Cum ar putea civilizaţia să descopere din nou existenţa unor creaturi inimaginabil de mici, invizibile pentru ochi, care provoacă alterarea alimentelor, supurarea rănilor, putrezirea cadavrelor şi bolile infecţioase?

Pentru a putea vedea bacteriile şi restul paraziţilor unicelulari, nu-ţi trebuie decât un echipament uimitor simplu. Un microscop rudimentar este incredibil de uşor de construit de la zero. Ai nevoie mai întâi de sticlă transparentă de bună calitate. Încălzeşte-o şi transform-o într-o baghetă subţire, apoi încălzeşte capătul baghetei până când sticla picură. Stropii rotunzi se răcesc în timp ce cad, iar cu puţin noroc vei obţine mărgeluţe cu o formă perfect sferică. Fixează lentila sferică într-un suport găurit confecţionat dintr-o bucată de metal sau de carton şi aşază-l deasupra mostrei. Acest microscop extrem de simplu funcţionează pentru că biluţa de sticlă are o curbură sferică foarte strânsă şi focalizează puternic razele de lumină care trec prin ea. Ceea ce înseamnă şi că distanţa focală este foarte scurtă, motiv pentru care va trebui să apropii foarte mult şi ochiul, şi lentila de

obiectul studiat.[27]

Prin această îmbunătăţire a simţului vederii, vei conştientiza existenţa unui întreg univers bogat în organisme incredibil de mici – o faună uimitor de diversă, pe care micronaturaliştii postapocaliptici o vor studia şi clasifica în f amilii şi grupuri înrudite. Vei putea demonstra, cu rigoarea unei metode ştiinţifice, nu numai că există microbi în rănile infectate şi în laptele stricat, dar şi că *absenţa* acestor microorganisme permite conservarea hranei. Dacă vei închide un rasol hrănitor sau o bucată de carne perisabilă în recipiente etanşe, pe care apoi le vei încălzi până la distrugerea microbilor deja prezenţi, nu va mai urma niciun proces de descompunere: lucrurile nu se strică în mod spontan. Folosind diferite combinaţii de lentile, se pot construi microscoape mult mai bune, unele similare

---

[27] Folosind un astfel de dispozitiv, Antonie van Leeuwenhoek a devenit, în 1691, primul om care a văzut un microb. Leeuwenhoek, care contractase gastroenterită, a avut inspiraţia să-şi examineze sub noul microscop propriile excremente apoase. A relatat că a văzut „animalculi care se mişcau foarte repede", „mai degrabă lungi decât laţi, şi care aveau pe burtă [...] o mulţime de lăbuţe mici". El a văzut, de fapt, ceea ce am identifica azi drept un protozoar Giardia, una dintre cauzele frecvente ale diareii. Nu peste multă vreme, Leeuwenhoek a observat microbi în stropi de apă şi bacterii viermuind în fecale şi în dinţi stricaţi. Şi-a examinat propria spermă şi a descoperit spermatozoizi care se agitau cu vigoare, recunoscându-i drept celulele care stau la baza reproducerii sexuale a tuturor animalelor (a insistat însă că nu şi-a obţinut mostrele ca urmare „a vreunei fapte păcătoase", ci ele reprezintă „excesul furnizat de natură în propria relaţie conjugală").

telescoapelor – iar în timp vei învăţa să asociezi prezenţa unor microorganisme specifice cu anumite boli infecţioase.[28]

Poţi chiar creşte şi studia aceste microorganisme în captivitate, cultivându-le în eprubete cu lichid sau pe suprafaţa unui aliment solid. Din sticlă se pot confecţiona vase Petri, în care poate fi pus agar-agar îmbogăţit cu substanţe nutritive, care ulterior să fie acoperit cu un capac, pentru a preveni contaminarea. Agar-agarul este o substanţă gelatinoasă extrasă prin fierberea unor alge (des folosită în bucătăria asiatică), asemănătoare gelatinei obţinute din oase de vită, dar imposibil de digerat de către majoritatea microbilor.

Am văzut în capitolele anterioare că trebuie să avem unele noţiuni de microbiologie pentru a optimiza procese precum conservarea alimentelor sau fabricarea pâinii dospite, a berii şi a acetonei. Dar un lucru deosebit de important pentru ameliorarea condiţiei

---

[28] Posibilitatea existenţei unor organisme atât de mici încât nu pot fi văzute cu ochiul liber a fost postulată cu mult înainte de inventarea microscopului. în anul 36 î. Cr., scriitorul roman Marcus Terentius Varro şi-a exprimat credinţa că „există nişte creaturi minuscule ce nu se pot vedea cu ochii, care plutesc prin aer şi intră în corp prin gură sau nas şi provoacă boli grave". Poate că istoria ar fi arătat cu totul altfel dacă Varro ar fi ştiut să confecţioneze acel microscop rudimentar cu lentilă de sticlă, pentru a-şi confirma bănuiala. Imaginează-ţi câte epidemii am fi evitat dacă teoria germenilor ar fi fost dezvoltată înainte de naşterea lui Cristos.

umane de după apocalips este acela că microbiologia poate furniza cunoştinţele de bază necesare descoperirii unor metode de ucidere a bacteriilor şi de vindecare a infecţiilor mai bine direcţionate decât antisepticele toxice. În 1928, înainte de a pleca în concediu, Alexander Fleming lucra cu o serie de culturi de bacterii din fluide infectate, recoltate din mucus nazal şi abcese ale pielii. După ce s-a întors, s-a apucat să facă curat în laborator şi să spele vasele Petri folosite. A luat la întâmplare din chiuvetă unul care nu fusese încă tratat cu dezinfectant şi a observat că în acest vas, până atunci complet contaminat, există o mică pată de mucegai înconjurată de o zonă lipsită de bacterii. După toate aparenţele, o substanţă secretată de mucegai – identificat ulterior drept o varietate de *Penicillium* – inhibase creşterea bacteriană. Penicilina, compusul obţinut pe această cale, şi numeroase alte antibiotice descoperite sau sintetizate de atunci s-au dovedit extrem de eficiente în tratarea infecţiilor microbiene şi salvează milioane de vieţi anual.

„Cea mai incitantă frază care poate fi auzită în cercetarea ştiinţifică, cea care anunţă noi descoperiri, nu este «Evrica!», ci «Ce ciudat...»”, spune autorul de science-fiction Isaac Asimov. Acest lucru este cu certitudine valabil în cazul descoperirii întâmplătoare a lui Fleming, la fel cum este şi în cazul altor descoperiri

fericite – dar numai dacă îţi dai seama ce implicaţii are descoperirea făcută. Cu cincizeci de ani înainte, alţi microbiologi remarcaseră la rândul lor că *Penicillium* împiedică creşterea bacteriilor, dar nu şi-au pus problema ce ar presupune această descoperire pentru medicină.

Beneficiind însă de aceste informaţii şi cunoscând existenţa unor astfel de efecte, ar putea o societate care reporneşte să reproducă o serie de experimente similare cu scopul de a căuta deliberat mucegaiurile eficiente şi de a redescoperi penicilina cât mai rapid? Microbiologia elementară este simplă. Aşază în vasele Petri un strat nutritiv din extract din ţesut de vită întărit cu agar-agar, întinde peste el bacterii *staphylococcus,* pe care le recoltezi din propriile nări, apoi expune vasele la cât mai multe surse de spori fungici, precum filtre de aer, probe de sol sau fructe şi legume putrede. După o săptămână sau două, uite-te cu atenţie după mucegaiuri (sau alte colonii bacteriene: multe antibiotice sunt produse din bacterii prinse într-o competiţie evolutivă cu alte bacterii) care au inhibat dezvoltarea bacteriilor în jurul lor. Ia-le şi izolează-le, apoi încearcă să le cultivi într-un mediu de cultură lichid, pentru a face antibioticul secretat mai uşor accesibil. Folosind această tehnică, vei descoperi deja numeroşi compuşi antibiotici, de la fungi la bacterii,

deşi mucegaiurile *Penicillium* sunt atât de răspândite în mediul ambiant, încât probabil că se vor număra printre primele culturi izolate după apocalips. Ele constituie unele dintre cauzele principale ale alterării mâncării: de fapt, tulpina de *Penicillium* responsabilă pentru majoritatea penicilinei produse azi în toată lumea a fost obţinută de pe un pepene galben mucegăit dintr-o piaţă din Illinois.

Cu toate astea, chiar dacă ai de-a face cu o terapie postapocaliptică rudimentară, nu poţi injecta pur şi simplu „sucul de mucegai" care conţine antibioticul: dacă nu este rafinat, impurităţile pe care le conţine îi vor provoca pacientului un şoc anafilactic. Procedeul chimic de purificare a penicilinei din lichidul de cultură, pe care l-a stabilit grupul de cercetare condus de Howard Florey la sfârşitul anilor 1930, se foloseşte de faptul că moleculele de antibiotic sunt mai solubile în solvenţi organici decât în apă. Cultura trebuie strecurată pentru a o curăţa de reziduuri şi fragmente de mucegai, în filtratul rezultat se adaugă puţin acid, apoi se amestecă cu eter (am văzut mai sus în acest capitol cum se produce acest solvent). Cea mai mare parte din penicilină va trece din lichidul apos de cultură în eter. Amestecul este lăsat să se separe, pentru ca penicilina să poată urca în partea de sus. După izolarea stratului apos aflat în partea de jos a vasului,

eterul este amestecat cu o apă alcalină pentru a forţa compusul antibiotic să treacă din nou în soluţia apoasă, curăţată acum de majoritatea impurităţilor din lichidul de cultură.

Doza zilnică de penicilină prescrisă azi pentru o singură persoană se procesează din 2000 de litri de „suc de mucegai", ceea ce înseamnă că producerea antibioticelor în perioada postapocaliptică va cere un nivel înalt de efort organizat. Spre sfârşitul anului 1941, echipa lui Florey a reuşit să pună la punct un nivel de producţie capabil să facă suficientă penicilină pentru testele clinice, dar lipsa de echipament adecvat cauzată de război i-a silit să improvizeze. Culturile de mucegai erau crescute în rafturi cu ploşti de spital, iar echipamentul de extracţie era construit folosind o cadă veche, coşuri de gunoi, butoaie de lapte, ţevi de cupru şi sonerii adunate dintre dărâmături, toate fixate pe un cadru făcut dintr-un raft de stejar care fusese aruncat de biblioteca universităţii – obiecte care îi pot inspira pe cei care încearcă să adune strictul necesar după apocalips.

Deşi descoperirea penicilinei este înfăţişată deseori drept accidentală şi lipsită de efort, observaţia făcută de Fleming a reprezentat doar primul pas pe drumul lung al cercetării şi dezvoltării, al experimentului şi optimizării necesare pentru extragerea şi purificarea

penicilinei din „sucul de mucegai”, în scopul de a crea un produs farmaceutic sigur şi demn de încredere. În cele din urmă, Statele Unite au pus la dispoziţie echipamentele necesare fermentării care să asigure tratament medical pe scară largă. În mod similar, chiar dacă principiile ştiinţifice necesare vor fi înţelese, înainte de a putea produce suficient antibiotic pentru populaţie, civilizaţia postapocaliptică va avea nevoie să ajungă la un oarecare grad de complexitate.

Puterea în mâna poporului

„Înspre sud-est, albul se transformă într-o minge roşie. Ştiau cu toţii despre ce era vorba. Era Orlando, sau Baza McCoy, sau amândouă. Era alimentarea cu electricitate a districtului Timucuan. Aşa că luminile se stinseră, iar în acea clipă civilizaţia din Fort Repose a regresat cu o sută de ani. Lată cum se sfârşi această zi.”

Pat Frank, *Alas, Babylon*

Aruncând o privire peste facturile de gaz şi electricitate pentru apartamentul meu din nordul Londrei, am calculat că anul trecut am consumat în total o cantitate de energie de aproape 14.000 kwh (kilowatt-oră). Dacă n-aş fi avut acces la combustibili fosili şi toată această energie ar fi fost furnizată de

pădure cultivată, ar fi trebuit să ard anual aproape trei tone de lemn uscat (sau 1,7 tone de cărbune de lemn), ceea ce înseamnă peste 2000 m^2 de subarboret cu timp scurt de rotaţie. Asta presupunând că pot să transform în electricitate 100% din energia cuprinsă într-un buştean. În realitate, procesul prin care se generează electricitate din arderea combustibilului este, în esenţa sa, ineficient: până şi cele mai moderne centrale nu pot transforma în electricitate decât între 30% şi 50% din energia termică stocată în combustibil.

Desigur, am luat în calcul doar energia pe care o folosesc între cei patru pereţi ai casei mele pentru încălzire, iluminat şi dispozitive electrice. Lipseşte complet cea consumată pentru asigurarea participării mele la civilizaţia industrializată în care trăiesc: energia folosită pentru construirea drumurilor şi a clădirilor, pentru procesele industriale necesare fabricării hârtiei pe care scriu sau a detergentului cu care spăl, energia folosită la producerea şi transportul hainelor sau a canapelei mele, folosită la sintetizarea îngrăşământului şi la lucrarea câmpurilor care îmi asigură hrana, la care se adaugă combustibilul consumat de trenul care mă duce la lucru. Dacă împarţi consumul naţional de energie la numărul populaţiei, afli că fiecare individ din SUA consumă aproape 90.000 kwh în fiecare an, în timp ce europenii folosesc puţin peste 40.000 kwh.

Înainte de revoluţia mecanică din Evul Mediu, care a mijlocit răspândirea morilor de apă şi de vânt, iar mai apoi industrializarea bazată pe exploatarea combustibililor fosili, efortul necesar pentru agricultură, manufactură şi transport era furnizat doar de forţa musculară. Ca să ne facem o idee ce presupune acest consum, 90.000 kwh echivalează cu faptul că fiecare american ar avea la dispoziţie paisprezece cai sau peste o sută de oameni care să muncească pentru el fără întrerupere.

După prăbuşirea civilizaţiei industriale şi dispariţia acestui tip de alimentare cu energie, societatea emergentă va trebui să înveţe cum să-şi asigure energia de care are nevoie. Progresul civilizaţiei se bazează pe capacitatea de a dispune de resurse tot mai mari de energie şi, în special, pe mijloacele de a transforma un tip de energie în altul: de exemplu, căldura în putere mecanică.

Puterea mecanică

Pentru a se elibera de povara folosirii exclusive a forţei muşchilor, civilizaţia are nevoie nu numai de energie termică, aşa cum am văzut în Capitolul 5, ci şi de exploatarea puterii mecanice.

O inovaţie importantă a romanilor a fost dezvoltarea

roţii de apă cu angrenaj: partea de jos a unei roţi de apă cu padele este cufundată într-un pârâu sau într-un râu şi acţionată astfel de forţa curentului. În Antichitate, forţa apei era folosită în principal pentru a măcina făină, iar mecanismul de bază care a permis apariţia acestei tehnologii a fost inventarea angrenajului în unghi drept (în jur de anul 270 î.Cr.), care transforma mişcarea verticală a roţii de apă în rotire orizontală a pietrei de moară. Cel mai simplu mod de a construi acest mecanism constă în instalarea unei roţi orizontale (ale cărei cuie ies din suprafaţa plană a acesteia) pe arborele de acţionare al roţii de apă, cuplată cu un cilindru înconjurat de un rând de tije situate la distanţă egală (angrenaj cu fusuri) şi racordat la roata de moară. Prin alternarea dimensiunilor relative ale roţii orizontale şi angrenajului cu fusuri se obţine viteza de măcinare dorită, în funcţie de debitul fiecărui râu. Aceste mori de apă sunt primele aplicaţii cunoscute de transfer al puterii prin intermediul angrenajelor şi reprezintă rădăcinile timpurii ale mecanizării.

Deşi poate fi cufundată în aproape orice curs de apă sau chiar montată în partea laterală a unei ambarcaţiuni ancorate în râu, roata cu admisie inferioară este extrem de ineficientă, iar în forma ei cea mai simplă are probleme atunci când variază nivelul apei. Din fericire, nu este nevoie de cine ştie ce

pricepere tehnică pentru a construi o roată de apă mai eficientă şi mai puternică. Roata de apă cu admisie superioară a început să fie larg exploatată pe cuprinsul Europei după căderea Imperiului Roman, adică în timpul presupusului ev întunecat şi ignorant. În ciuda asemănărilor exterioare, acest tip de roată nu funcţionează după aceleaşi principii care stau la baza celei cu admisie inferioară.

În loc să fie prinsă în cursul de apă, partea de jos a roţii cu admisie superioară rămâne deasupra canalului de evacuare, iar apa este furnizată pe deasupra, dintr-un jgheab. Acest tip de roată nu-şi dobândeşte cuplul de torsiune de la impactul cursului de apă ci de la energia produsă de căderea apei. Un astfel de sistem este mult mai eficient şi poate capta până la trei pătrimi din energia coloanei de apă Instalează apoi la capătul jgheabului o ecluză pentru a controla debitul apei ce intră în contact cu roata, iar, dacă vei îndigui cursul apei pentru a crea un iaz al morii, vei acumula rezerve de energie ce pot fi folosite când ai nevoie (o metodă pe care n-a încercat-o nimeni până în secolul al VI-lea d.Cr., la jumătate de mileniu după implementarea primelor roţi de apă verticale – dar pe care o societate emergentă ar putea s-o aplice imediat).

Exploatarea forţei vântului este mult mai complicată din punct de vedere tehnic decât captarea forţei apei,

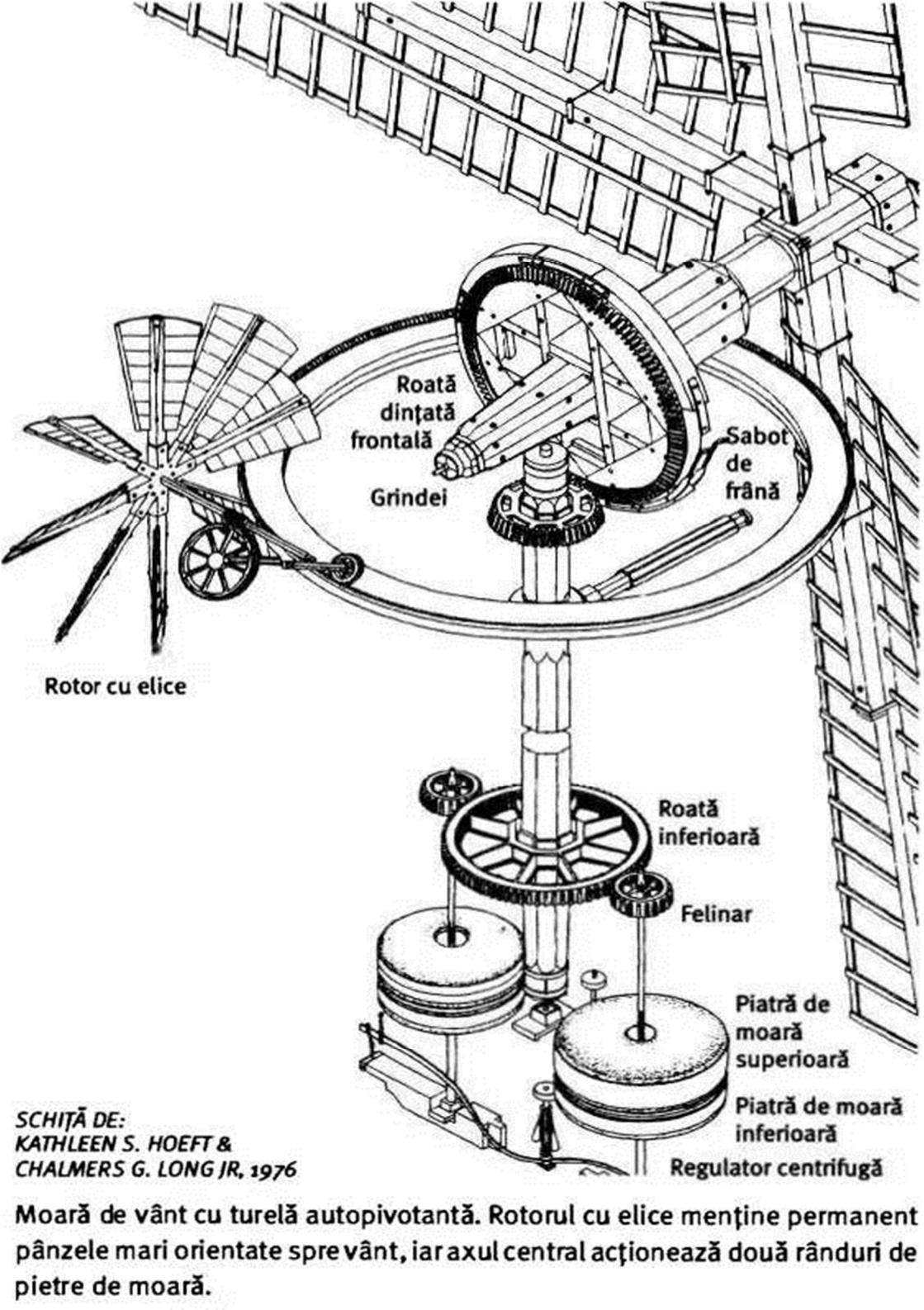
motiv pentru care această tehnologie a apărut mult mai târziu în istoria dezvoltării noastre (deşi corăbiile cu pânze există încă din anul 3000 î.Cr.). Apa este mult mai densă decât aerul, motiv pentru care până şi un curent blând are o mare cantitate de energie, făcând astfel din apă o resursă uşor de exploatat chiar şi cu elemente proiectate imperfect şi angrenaje din lemn ineficiente. O ecluză poate regla fluxul de apă, dar puterea vântului n-o poţi controla, iar, când începe să sufle prea tare, palele sau mecanismele morilor de vânt se pot deteriora. În consecinţă, morile de vânt au nevoie de un sistem de frânare şi de o metodă de a controla eficacitatea palelor, la fel cum se face atunci când se strâng pânzele unei ambarcaţiuni. Cea mai importantă provocare este însă aceea că vântul îşi schimbă mereu direcţia, motiv pentru care o moară de vânt trebuie să poată fi reorientată rapid.

Poţi construi o moară de vânt rudimentară pornind de la un stâlp, întorcând manual întreaga structură în direcţia vântului, dar, pentru mori de vânt fixe şi de putere mai mare, palele trebuie montate pe o turelă care să se mişte automat în jurul axului central. Mecanismul folosit este extrem de simplu: un rotor cu elice dispus perpendicular faţă de pânzele mari, care forţează turela morii să se reorienteze în mod corespunzător prin intermediul unui dispozitiv fixat de

partea superioară a turnului.[29]

Toate aceste lucruri cer un grad mult mai înalt de complexitate mecanică decât cea mai mare roată de apă. Dar, din clipa în care vei învăţa să stăpâneşti

[29] La sfârşitul secolului al XIX-lea, când au atins un grad mare de complexitate, morile de vânt au ajuns să fie controlate de un regulator al vitezei de centrifugare - două bile grele prinse la capătul unor braţe mecanice -, menit să regleze automat spaţiul dintre pietrele de moară, astfel încât să corespundă vitezei variabile a vântului. Astăzi asociem în mod automat acest sistem cu motorul cu abur, care închide valva de admisie, ce permite intrarea aburului sub presiune în piston dacă mecanismul începe întâmplător să se mişte prea rapid, însă James Watt a preluat în totalitate acest principiu din tehnologia morii de vânt.



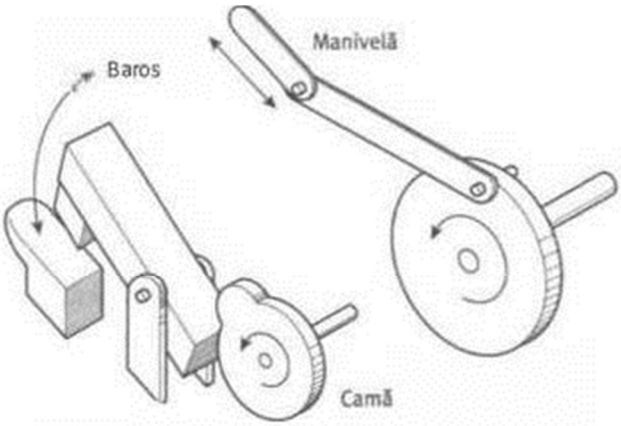
SCHIȚĂ DE:
KATHLEEN S. HOEFT &
CHALMERS G. LONG JR, 1976

Moară de vânt cu turelă autopivotantă. Rotorul cu elice menține permanent pânzele mari orientate spre vânt, iar axul central acționează două rânduri de pietre de moară.

puterea vântului, locurile de producţie nu vor mai fi condiţionate de cursurile de apă şi vor putea fi situate chiar şi în zone de câmpie (precum Ţările de Jos), în regiuni fără resurse abundente de apă (precum Spania) sau în care râurile îngheaţă des (precum Scandinavia).

Domesticirea forţei sălbatice a vântului şi a apei, asociată cu folosirea tot mai eficientă a tracţiunii animale (vom reveni la acest aspect în Capitolul 9), a avut un impact profund asupra societăţii noastre, iar în timpul relansării postapocaliptice va trebui să se ajungă la acelaşi nivel cât mai repede cu putinţă. Europa medievală a devenit prima civilizaţie din istoria omenirii care nu şi-a mai bazat productivitatea pe forţa muşchilor omeneşti – adică pe munca sclavilor sau a culilor –, ci pe exploatarea surselor naturale de energie. Această revoluţie mecanică, care a prins avânt între secolele al XI-lea şi al XIII-lea, nu s-a oprit la simpla folosire a unei mori pentru a transforma boabe de cereale în făină. Cuplul de torsiune puternic generat de morile de apă şi de vânt a avut o sumedenie de aplicaţii: presatul măslinelor; obţinerea uleiului de in sau de rapiţă; găuritul lemnului; şlefuirea sticlei; torsul mătăsii şi al bumbacului; învârtitul rolelor metalice pentru a forma bare de fier. Componenta lor mecanică centrală, braţul de manivelă, a transformat mişcarea de rotaţie într-o mişcare rectilinie potrivită pentru joagăre,

aerisirea puţurilor de mină, pomparea apei din mine sau de pe terenurile depresionare inundabile (tehnică folosită cu mare succes de olandezi). Dar probabil că cea mai ingenioasă utilizare a fost acţionarea unei came care să ridice şi să coboare un baros – un instrument perfect pentru zdrobirea minereului de metal, pentru baterea fierului forjat, pentru sfărâmarea calcarului înainte de a-l folosi în agricultură sau de a-l transforma în mortar, pentru bătutul lânii murdare în scopul de a o curăţa şi a o compacta, pentru fabricarea berii, pentru obţinerea pulpei de lemn din care se face hârtia, pentru extragerea taninului din scoarţa de copac, necesar în procesul de tăbăcire, şi pentru extragerea pigmentului albastru din planta numită drobuşor.



Mecanisme de bază: manivela (dreapta) transformă mişcarea de rotaţie în mişcare rectilinie necesară tăierii cu fierăstrăul. Instalarea unei came (stânga) poate fi folosită pentru a acţiona un baros.

Mecanismul cu camă a fost folosit vreme de şapte secole pentru acţionarea baroaselor, înainte să fie înlocuit de variantele cu aburi apărute în timpul revoluţiei industriale, dar trăieşte şi astăzi sub capota autovehiculelor noastre, deschizând şi închizând supapele motorului în ordine corectă (vezi Capitolul 9).

Aşadar, cu mecanismul lor intern capabil să transforme rotaţia iniţială în orice altă mişcare, morile medievale de apă şi de vânt pot fi considerate precursoarele uneltelor electrice de astăzi. Poate că lumea medievală nu a fost industrială, dar în mod cert a fost industrioasă. Iar dacă societatea noastră se va prăbuşi complet putem spera că această tehnologie va fi reimplementată, pentru a atinge cât mai curând un nivel minim de productivitate.

Orice civilizaţie trebuie să poată stăpâni cu succes atât energia termică, cât şi pe cea mecanică. Dar cum să o schimbi pe una în cealaltă? Transformarea energiei mecanice în căldură este ceva banal: imaginează-ţi că-ţi freci palmele una de alta într-o zi friguroasă. De fapt, scopul lubrifianţilor de motor şi al rulmenţilor este acela de a limita frecarea şi pierderea energiei sub formă de căldură. Extrem de utilă ar fi însă transformarea în sensul celălalt. Energia termică poate fi produsă la cerere, prin arderea unor combustibili, iar capacitatea de a transforma căldura în putere mecanică

te-ar elibera de nevoia de a exploata apa şi vântul şi ţi-ar oferi o sursă de energie pentru transportul mecanizat Primul mecanism din istorie capabil să efectueze această transformare – adică să convertească căldura în mişcare utilă – a fost motorul cu abur.

Conceptul central din spatele motorului cu abur ne poartă către un mister secular, cunoscut şi de Galilei la finele secolului al XVI-lea, şi anume că o pompă nu poate ridica apa într-o ţeavă mai mult de 10 metri. Explicaţia acestui fapt este că aerul însuşi exercită o presiune care apasă tot ce există pe suprafaţa Pământului, inclusiv coloanele de apă. Consecinţa unui astfel de fenomen este că poţi face atmosfera să lucreze pentru tine. Nu trebuie decât să creezi vid într-un cilindru în care există un piston capabil să se mişte liber, iar presiunea aerului din exterior va împinge pistonul în jos. Această acţiune poate fi cuplată cu anumite dispozitive mecanice, care te vor scuti de orice efort Problema este: cum poţi genera vid în mod repetat în interiorul cilindrului? Răspunsul: prin folosirea aburului.

Transferă aburul fierbinte dintr-un cazan în cilindru, apoi lasă-l să se răcească – în măsura în care vaporii se condensează şi se transformă în apă, presiunea pe care o exercită scade şi nu o mai echilibrează pe cea a atmosferei. Pistonul este acţionat de forţa aerului

exterior, muncind pentru tine, şi vei putea repeta ciclul acţionând o supapă, care îi permite pistonului să revină în poziţia iniţială, pentru a introduce din nou abur. Acesta este principiul fundamental de funcţionare a celor mai timpurii maşini de pompieri din secolul al XVIII-lea, şi poate fi îmbunătăţit adăugându-i o cameră de condensare separată, pentru a nu mai încălzi şi răci în mod repetat cilindrul. Dacă reuşeşti însă să construieşti cilindri şi cazane mai robuste (recuperând materiale sau învăţând principiile metalurgiei), te vei descurca şi mai bine. În loc să foloseşti efectul de sucţiune generat prin condensarea aburului în cilindru, creşte şi mai mult presiunea aburului şi foloseşte forţa de expansiune a gazului fierbinte (aceeaşi care face să şuiere un espressor), pentru a împinge pistonul în cilindru mai întâi într-o direcţie, apoi în cealaltă, acţionându-l din partea opusă.

Principiul de bază al unui motor cu abur (la fel ca în cazul tuturor motoarelor termice cu pistoane, de exemplu motorul de maşină, despre care vom vorbi în Capitolul 9) îl constituie împingerea înainte şi înapoi a pistonului. Această mişcare este suficientă pentru pomparea apei din galeriile de mină, dar pentru majoritatea celorlalte aplicaţii trebuie să transformi mişcarea de du-te-vino în mişcare constantă de rotaţie. Această transformare o va face tot manivela, aşa cum

am văzut în cazul morilor de vânt, producând o acţiune potrivită pentru a pune în mişcare utilaje sau roţile unui vehicul.

Motoarele cu abur par să reprezinte exact acel nivel tehnologic de tranziţie peste care ai dori să sari, trecând direct la motoarele cu ardere internă sau la turbinele cu abur, pe care le vom analiza în detaliu mai târziu. Însă motoarele cu abur oferă două avantaje majore în raport cu variantele mai avansate, motiv pentru care s-ar putea să-ţi doreşti să parcurgi şi acest stadiu de dezvoltare. În primul rând, sunt motoare cu ardere externă, care nu necesită carburant rafinat – motorină, benzină sau gaz – pentru a funcţiona; sunt mult mai puţin pretenţioase, iar cazanele lor pot fi încălzite cu aproape orice combustibil, inclusiv cu resturi de lemn sau resturi agricole. În al doilea rând, un motor simplu cu abur poate fi construit cu unelte şi materiale mult mai rudimentare şi are o toleranţă tehnică mult mai ridicată decât un mecanism mai complex. Vom reveni în curând la problema puterii mecanice, dar deocamdată să vedem cum vom putea reporni unul dintre aspectele cardinale ale lumii moderne: electricitatea.

Electricitatea

Electricitatea, sau, mai precis, întregul ansamblu de fenomene asociate cu electromagnetismul, reprezintă o tehnologie fundamentală, care ar trebui să se numere printre priorităţile unei civilizaţii postapocaliptice emergente. Descoperirea electromagnetismului este un exemplu istoric excelent al felului în care un nou domeniu ştiinţific descoperit întâmplător poate conduce la descoperirea unei sumedenii de fenomene interconectate şi la exploatarea unor posibilităţi neaşteptate. Aplicaţiile tehnologice ale acestei descoperiri uimitoare nu au întârziat să apară, deschizând la rândul lor noi domenii de cercetare ştiinţifică fundamentală.

Electricitatea a fost produsă mai întâi în flux continuu şi stabil pentru a fi exploatată prin intermediul bateriilor. O baterie este surprinzător de simplu de construit. Nu trebuie decât să generezi curent electric constant între două tipuri diferite de metal, amândouă cufundate într-o substanţă conductoare numită electrolit.[30] Toate metalele au o afinitate specială faţă de particulele numite electroni,

---

[30] Dacă ai plombe metalice de tip vechi, poţi demonstra asta în propria gură. Mestecă o bucată de folie de aluminiu, introducând astfel un al doilea metal, care reacţionează cu amalgamul de mercur şi argint din plombe, în timp ce saliva va avea rol de electrolit. Dar ai grijă, deoarece curentul electric produs va fi transmis direct terminaţiilor nervoase de sub plombe!

iar, când două metale diferite sunt aduse laolaltă, cel mai „flămând” dintre ele va absorbi electroni de la celălalt, provocând curent electric în firul care le conectează. Toate bateriile, fie că sunt în telefoane mobile, lanterne sau stimulatoare cardiace, conţin o reacţie chimică constrânsă să se petreacă doar atunci când legătura este deplină şi fluxul de electroni este canalizat printr-o reţea complicată de fire. Diferenţa de reactivitate dintre cele două metale determină tensiunea generată.

Poţi obţine o tensiune rezonabilă cuplând argint sau cupru cu metale ce au o reactivitate mai mare, precum fierul sau zincul. Prima baterie, pila voltaică, a fost construită în 1800 prin alăturarea alternativă a unor discuri de argint şi de zinc, separate de bucăţi de carton îmbibate cu apă sărată. Argintul, cuprul şi zincul fuseseră descoperite cu mii de ani înaintea inventării bateriei voltaice, şi, cu toate că zincul este mai dificil de izolat, îl găsim în vechile aliaje de bronz (fiind obţinut în formă pură pe la jumătatea secolului al XVIII-lea). Pentru a obţine fire, nu trebuie decât să rulezi sau să întinzi cuprul, care este un material destul de maleabil. Aşadar, se pare că nu a existat niciun obstacol insurmontabil care să împiedice descoperirea electricităţii încă din Antichitate.

De fapt, poate chiar a fost descoperită.

În anii 1930, într-un sit arheologic din apropiere de Bagdad, s-au descoperit câteva obiecte neobişnuite. Fiecare dintre ele era un vas de lut înalt de circa 12 centimetri, datând din perioada Imperiului Part (200 î. Cr-200 d.Cr.). Remarcabil este însă conţinutul acestor vase. În toate se afla o tijă de fier înconjurată de o foaie de cupru rulată sub formă de cilindru, iar vasele purtau semne că ar fi conţinut un lichid acid, asemănător oţetului. Cele două bucăţi metalice erau împiedicate să se atingă una de alta, iar gura vasului era sigilată cu bitum natural. O ipoteză ar fi că aceste relicve antice reprezintă celule electrochimice, probabil folosite pentru placarea bijuteriilor cu aur – sau poate se credea că furnicăturile produse de curent au proprietăţi medicinale. Replici construite după „bateria din Bagdad" au produs, într-adevăr, curent de circa jumătate de volt, dar ar trebui să adăugăm că nu prea există dovezi de obiecte electroplacate în Antichitate şi că interpretarea acestor borcane misterioase rămâne controversată. În orice caz, dacă au fost făcute în scopul de a produce electricitate – ceea ce este în continuare posibil –, ele ar antedata pila voltaică cu peste un mileniu.

Dacă reacţia chimică prin care se provoacă desprinderea electronilor de pe terminalul negativ şi transferul lor spre electrodul pozitiv este reversibilă,

atunci obţinem ceva deosebit de folositor: bateria reîncărcabilă. Modelul ce poate fi cel mai uşor de construit de la zero este bateria plumb-acid, foarte des întâlnită astăzi la maşini. Fiecare electrod – alcătuit dintr-o foaie de plumb – este cufundat într-un electrolit, ce conţine acid sulfuric. Ambii electrozi vor reacţiona cu acidul, formând sulfat de plumb, dar, în timpul încărcării, electrodul pozitiv este transformat în oxid de plumb (rugină de plumb), iar cel negativ, în plumb metalic – reacţii complet reversibile atunci când bateria se descarci Fiecare astfel de celulă electrică produce puţin peste 2 volţi, aşa că şase astfel de celule alcătuiesc o baterie[31] de maşină de 12 volţi.

Problema bateriilor este că, deşi reprezintă o rezervă minunată de energie portabilă, pe care se bazează toate dispozitivele noastre moderne, precum laptopurile, telefoanele inteligente şi altele, nu facem altceva decât să accesăm energia chimică deja conţinută în metalele folosite (tot aşa cum arderea unui buştean presupune eliberarea energiei chimice ce rezultă din reacţia carbonului cu oxigenul). Rafinarea metalelor reactive necesită o mare cantitate de energie produsă în prealabil, tot aşa cum necesită şi reîncărcarea bateriilor.

---

[31] Acest termen, care se referă la un ansamblu de pile electrochimice individuale, provine din jargonul militar, gruparea în acelaşi loc a mai multe arme grele poartă numele de „baterie de artilerie".

Prin urmare, bateriile au rolul de a înmagazina, şi nu de a produce, energie.

Caracteristicile electricităţii, pe care ne bazăm atât de mult în existenţa noastră modernă, constituie un mănunchi interconectat de fenomene care au început să fie observate începând cu anii 1820. Dacă aşezi o busolă lângă un cablu care transportă curent de la o baterie, vei observa că acul deviază. Firul emană un câmp magnetic ce îl depăşeşte la nivel local pe cel al Pământului, reorientând astfel acul. Poţi amplifica acest efect prin înfăşurarea firului într-o bobină bine strânsă în jurul unui miez din fier; câmpurile mici ale spirelor se combină pentru a forma un electromagnet puternic, ce poate fi folosit pentru magnetizarea permanentă a altor bucăţi de fier.

Aşadar, electricitatea poate crea magnetism, dar oare şi reciproca este valabilă? Poate un magnet să genereze curent electric într-un fir? Sigur că da. Un magnet mişcat înainte şi înapoi sau rotit, sau chiar un electromagnet oprit şi pornit, va induce curent electric într-o bobină aflată în apropiere. Cu cât câmpul magnetic se mişcă mai repede de-a curmezişul firului, cu atât curentul indus este mai mare. Prin urmare, electricitatea şi magnetismul sunt puteri simetrice, inseparabil legate: două feţe ale aceleiaşi monede electromagnetice.

Simpla descoperire a faptului că magnetismul induce curent electric deschide posibilităţi enorme pentru tehnologia modernă: folosind un magnet, mişcarea însăşi poate fi transformată în energie electrică. Nu mai eşti limitat la baterii, care au nevoie de metale costisitoare şi se descarcă: poţi genera câtă energie doreşti învârtind un magnet într-o bobină de sârmă, sau viceversa. Şi inversul este valabil: electromagnetismul poate produce mişcare. Dacă aşezi un magnet puternic lângă un fir, vei vedea că firul vibrează când începe să treacă curent prin el. Acesta este efectul motor, iar după nişte încercări vei învăţa cum să plasezi firele conductoare şi magneţii (sau chiar electromagneţii) astfel încât să dai mişcare de rotaţie unei piese mecanice. Astăzi, motoarele electrice pun în mişcare utilajele industriale, taie cherestea şi macină cereale, iar în propria ta casă există zeci de exemple: acţionează aspiratorul, învârt ventilatorul din sistemul de aerisire a băii sau rotesc DVD-ul din unitatea optică. Vieţile noastre sunt uşurate astăzi de această miniaturizare a muncii, motorul electric fiind acum omniprezent şi practic invizibil.

Folosind principiul potrivit căruia electromagnetismul produce mişcare, poţi construi instrumente pentru măsurarea precisă a proprietăţilor fundamentale ale electricităţii: cât de mult curent trece

prin fir şi ce tensiune are. (Primii electricieni încercau să le măsoare în funcţie de durerea pe care o simţeau la descărcarea curentului prin limbă!) Aşa cum vom vedea în Capitolul 13, capacitatea de a măsura cu precizie un fenomen nou reprezintă primul stadiu important în înţelegerea lui, pentru a-l putea exploata apoi cu succes.

Iluminatul electric are şi el un rol fundamental în viaţa noastră, furnizându-ne lumină la cerere, fapt care ne-a schimbat fundamental ciclul cotidian: clădirile şi străzile noastre strălucesc acum cu lumina a miliarde de sori minusculi. Cea mai simplă formă de iluminat electric este lampa cu arc. A fost inventată la începutul secolului al XIX-lea şi era alimentată cu pile voltaice, funcţionarea sa bazându-se pe producerea continuă a unei scântei – un fulger artificial – între doi electrozi de carbon. Problema este că are o intensitate insuportabilă şi nu se potriveşte iluminatului interior. Deşi folosirea electricităţii pentru a genera lumină este simplă, obţinerea unui iluminat funcţional este deosebit de delicată.

Fenomenele fizice în jurul cărora a fost proiectat becul sunt destul de simple. Proprietatea materiei de a opune rezistenţă trecerii electricităţii poate fi folosită pentru încălzirea unui filament alimentat cu curent Pe măsură ce se încing, materialele încep să emită lumină

proprie – incandescenţa: o bucată de fier lăsată în foc va deveni întâi roşie, apoi portocalie, apoi galbenă, căpătând în cele din urmă o culoare albă, strălucitoare. Dar diavolul se ascunde în detalii. Când un filament carbonizat devine incandescent în aer, va reacţiona rapid cu oxigenul şi se va consuma prin ardere. Îl poţi închide într-un glob de sticlă sigilat din care se scoate aerul cu o pompă de vid, numai că, în vid, materialele încinse se evaporă rapid. Umplerea globului de sticlă cu un gaz inert, precum azotul sau argonul, la presiune mică, are efect pozitiv, dar tot va fi nevoie de cercetare şi dezvoltare până vei obţine un filament trainic.

Producerea şi distribuţia

Am văzut cum un generator poate transforma mişcarea în electricitate, dar cum generezi mişcarea respectivă? Soluţia imediată este instalarea generatorului în moara de vânt sau de apă construită de tine. Generatoarele funcţionează cel mai bine când sunt învârtite cu multe sute de rotaţii pe minut, aşa că vei avea nevoie de un sistem de angrenaje, sau de scripeţi şi curele de transmisie, prin care să multiplici rotaţia lentă, dar puternică, a axului central. O civilizaţie emergentă ar putea foarte bine să semene cu un talmeş-balmeş *steampunk* de tehnologii distonante,

în care morile de vânt tradiţionale, cu patru pânze, sau roţile de apă nu folosesc forţele naturale pentru a măcina boabele de cereale sau pentru a acţiona baroase, ci pentru a produce electricitate care să alimenteze reţele locale.

Un studiu de fezabilitate din 2005 a calculat că echiparea unei singure mori de vânt tradiţionale cu un sistem de transmisie şi cu un generator în locul pietrelor de moară ar putea produce peste 50.000 kwh de energie electrică pe an – de patru ori mai multă decât foloseşte apartamentul meu. Dar probabil cel mai edificator exemplu cu privire la ce se poate obţine folosind mijloace rudimentare îl oferă inventatorul american Charles Francis Bush. În 1887, acesta a construit pe proprietatea sa un turn dotat cu 144 de pale de lemn de cedru, cu un diametru de 17 metri. Acest dispozitiv genera peste un kilowatt de electricitate, pe care inventatorul a folosit-o pentru a aprinde aproape 100 de becuri incandescente – ele însele produsul unei tehnologii de ultimă oră – aflate în conacul său, orice surplus de energie fiind stocat în 400 de baterii reîncărcabile depozitate la subsol.

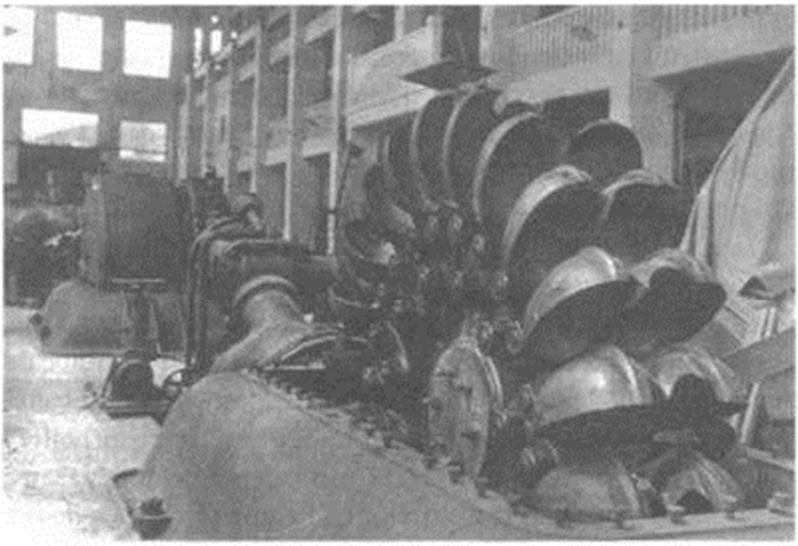
Problema acestui gen de proiect este că vastul sistem de angrenaje necesar pentru a multiplica rotaţiile lente ale ventilatorului consumă o mare parte din energie. Soluţia în cazul morilor de vânt este schimbarea

fundamentală a proiectului. În loc de pale tot mai mari, care să capteze cât mai mult vânt – ceea ce generează multă turbulenţă şi rezistenţă, limitând viteza de rotaţie –, eolienele moderne folosesc doar trei aripi lungi şi subţiri. Acest sistem se bazează pe studiul aerodinamicii în contextul dezvoltării elicelor pentru aeronave, şi, cu toate că suprafaţă expusă vântului este mult mai mică – ceea ce le scade eficacitatea atunci când vântul are viteză mică –, ele se pot roti incredibil de rapid în cazul unui vânt puternic şi transformă în electricitate mult mai multă energie astfel obţinută.

Randamentul unei roţi de apă este la rândul său limitat. Cantitatea de energie disponibilă într-un curent de apă este determinată de debitul acestuia şi de înălţimea de la care cade – în cazul unei roţi cu admisie superioară, fiind vorba de distanţa dintre jgheabul de alimentare şi cursul de evacuare. Roţile de apă sunt restricţionate de faptul că înălţimea de la care cade apa este limitată de diametrul roţii, neputând construi o roată cu diametrul mai mare de 20 de metri, pentru că ar deveni prea grea şi s-ar învârti ineficient.

Turbinele de apă nu au în schimb aceeaşi limită. Barajul celor Trei Defileuri de pe fluviul Yangtze, cea mai puternică centrală hidroelectrică din lume, asigură o înălţime de cădere a apei de 80 de metri între rezervorul superior şi turbinele de la bază, reuşind să

furnizeze o cantitate enormă de energie.



Turbină Pelton

Cea mai bună turbină pe are o poţi construi pentru a exploata o înălţime mare de cădere a apei şi un debit mic (adică o conductă îngustă, care să producă un jet de apă de înaltă presiune) este turbina Pelton, alcătuită dintr-o roată prevăzută cu pale fixe, sub formă de cupă (seamănă oarecum cu un cerc de linguri). Important este ca jetul de apă să nu se oprească în fiecare dintre cupe, ci să fie deviat şi aruncat din nou în faţă. Fiecare cupă este proiectată ca un căuş uşor rotunjit, format din două jumătăţi, cu o muchie ridicată între ele, astfel încât jetul de apă care loveşte faţa acestui căuş să fie despărţit în două de muchia din mijloc, să se rotească

pe curbura celor două jumătăţi şi să fie expulzat din nou în faţă. Exact această inversare a direcţiei este cea care exercită o presiune puternică asupra cupei şi acţionează turbina.

În caz contrar, când ai de-a face cu o cădere a apei de la înălţime mică şi cu un debit mare, se potriveşte mai bine turbina cu flux transversal. În acest caz, apa este făcută să pătrundă prin partea de sus a unei roţi cu palete scurte şi curbate, dispuse radial, care sunt împinse şi la intrarea, şi la ieşirea apei prin partea de jos. Deşi această turbină seamănă cu o roată de apă tradiţională, ea nu este învârtită de greutatea apei, ci de presiunea exercitată de jetul de apă asupra spatelui palelor curbate.

Atât turbinele cu flux transversal, cât şi cele Pelton sunt uşor de construit cu instrumente specifice metalurgiei rudimentare, iar astăzi sunt recomandate ca tehnologii potrivite pentru industria locală din ţările în curs de dezvoltare. Ele reprezintă exact tipul de tehnologie care poate contribui la repornirea unei societăţi postapocaliptice.

În ciuda eficienţei turbinelor de vânt şi de apă şi a faptului că folosesc energie regenerabilă, majoritatea electricităţii de azi nu este produsă în acest fel. De fapt, epoca aburului încă nu s-a încheiat. Nu mai folosim motoare cu abur ca principal mijloc de acţionare a

utilajelor sau a vehiculelor, dar peste 80% din electricitatea folosită în lume este produsă cu ajutorul aburului: boilere care se servesc de căldura eliberată prin arderea cărbunelui sau a gazului, ori – în cazul reactoarelor cu fisiune nucleară – de cea provenită din dezintegrarea atomilor grei, instabili.

După cum am văzut, este foarte uşor să produci căldură, dar nu acelaşi lucru se poate spune despre transformarea energiei termice în mişcare. Un motor cu abur poate face aşa ceva, dar mişcarea rectilinie şi lentă a pistonului nu poate fi transformată cu eficienţă în rotaţia rapidă de care are nevoie un generator electric.

Soluţia o reprezintă turbina cu abur, bazată pe proiectele de succes ale turbinelor de apă, dar optimizată pentru aburul de mare presiune. Puterea jetului de abur poate fi exploatată fie captându-l în spatele paletelor rotorului, astfel încât acestea să fie împinse de impuls (ca în cazul turbinelor Pelton sau al celor cu flux transversal), fie prin devierea apei pe o suprafaţă curbă, astfel încât aceasta să fie practic trasă de forţa de reacţie, asemenea unei aripi de avion. Diferenţa esenţială faţă de apă este că aburul se dilată, fiind mai eficient la o presiune mai scăzută, aşa că majoritatea turbinelor combină un stadiu de reacţie pentru aburul de înaltă presiune cu rotoare de impuls situate la o anumită distanţă în dispozitiv, pentru a

exploata aburul când s-a dilatat. Turbina de abur cu mai multe stadii permite producerea cu mare eficienţă a unei cantităţi impresionante de curent electric şi a inaugurat epoca modernă a electricităţii.

Totuşi, pentru ca o turbină să fie utilă, trebuie să poţi distribui energia produsă acolo unde este nevoie de ea.

Deşi poţi improviza un generator care să furnizeze curent continuu (aşa cum face o baterie), este mai uşor să construieşti unul care produce curent alternativ pe măsură ce rotorul se învârte. Tensiunea generată în bobină alternează fără încetare de la pozitiv la negativ, astfel încât curentul care o străbate îşi inversează şi el direcţia cu rapiditate, mişcându-se înainte şi înapoi prin fir ca o maree rapidă. Curentul alternativ are un avantaj imens faţă de curentul continuu: oferă o soluţie elegantă pentru problema transportului de electricitate din centrala electrică în care se produce spre locul unde este nevoie de el, pentru a fi folosit de complexe industriale sau de localităţi.

Imediat ce vei încerca să deplasezi electroni prin cablurile de metal ale unei reţele de distribuţie, te vei lovi de o problemă fundamentală. Cantitatea de putere electrică este rezultatul înmulţirii tensiunii cu intensitatea curentului produs. Dacă foloseşti o intensitate mare, inevitabila rezistenţă electrică a firelor va face ca acestea să se încălzească, şi astfel marea

majoritate a preţioasei energii pe care ai produs-o de va risipi. (Pe de altă parte, exact rezistenţa electrică este elementul exploatat în mod deliberat când vine vorba de partea de încălzire a unui ceainic, a unui prăjitor de pâine sau a unui uscător de păr, iar, dacă poţi obţine un filament subţire care să se încingă suficient pentru a emite lumină fără să se ardă, atunci ai desluşit principiul de funcţionare a becului, după cum am văzut deja.) Singura soluţie alternativă pentru a transporta curent de putere mare este să păstrezi intensitatea scăzută şi să creşti tensiunea. Problema este însă că tensiunile înalte sunt deosebit de periculoase, motiv pentru care ele traversează cabluri suspendate la mare înălţime în regiunile rurale, şi este cert că nu ai vrea să te conectezi direct la aşa ceva. Frumuseţea curentului alternativ este că îţi permite să variezi tensiunea cu ajutorul transformatoarelor.

Un transformator nu înseamnă altceva decât două bobine mari, plasate una lângă alta pe acelaşi miez de fier în formă de U, astfel încât câmpul magnetic generat de prima bobină să o străbată pe cea de-a doua. Folosind principiul inducţiei, despre care am discutat anterior (Capitolul 8), curentul electric care trece prin prima bobină creează un câmp magnetic cu fluctuaţie rapidă – pulsând de peste o sută de ori în fiecare secundă care la rândul lui induce un curent alternativ

în a doua bobină. Iată acum partea ingenioasă a acestui sistem: dacă a doua bobină are mai multe spire decât prima, tensiunea creşte, în vreme ce intensitatea scade. Transformatoarele sunt, aşadar, un fel de case de schimb electrice, dând tensiune în schimbul intensităţii. Ele pot fi folosite pentru a modifica tensiunea curentului în diferite etape ale reţelei de distribuţie, reducând atât ineficienţa provocată de rezistenţă în cazul intensităţii ridicate, cât şi pericolele presupuse de tensiunile înalte.

Frumuseţea electricităţii este că nu mai trebuie să-ţi construieşti toată industria în vârful unor dealuri bătute de vânt, în apropierea unor râuri cu ape repezi sau la distanţe mici de păduri sau de zone cu zăcăminte, aşa cum au fost nevoiţi să facă strămoşii noştri până în secolul al XIX-lea. Este suficient să instalezi în acele locuri doar generatoare de energie, iar apoi să transporţi curentul electric prin cabluri oriunde este necesar. Acesta este un lucru pe care astăzi îl considerăm de la sine înţeles. Dar, numai cu un secol în urmă, toată energia necesară unei gospodării trebuia livrată în formă fizică: ulei pentru lămpi, cărbune de lemn sau minier pentru gătit şi încălzire – casele victoriene aveau nevoie de o magazie exterioară pentru cărbuni, ca să poată depozita suficient combustibil doar pentru a fi încălzite peste iarnă. Astăzi, electricitatea

este distribuită prin toată casa, furnizând energie acolo unde este nevoie – fără deranj, fără zgomot şi fără să necesite depozitare.

Curentul continuu va avea un rol crucial în perioada imediat următoare unui cataclism, permiţând societăţii emergente să furnizeze electricitate pe distanţe scurte sau să o înmagazineze în baterii. Dar, dacă vrei să beneficiezi de economiile pe care le fac nişte centrale electrice puternice şi centralizate, pe măsură ce civilizaţia postapocaliptică îşi revine, va trebui să dezvolţi o reţea de distribuţie a curentului alternativ. Iar, într-o lume în care societatea s-ar putea să simtă cu putere scăderea drastică a disponibilităţii de energie, trebuie să foloseşti căldura generată de combustibil cu randament maxim. Centralele mixte de căldură şi energie rezolvă o problemă a centralelor electrice, care se limitează la eliberarea unei mari cantităţi de căldură prin turnurile de răcire, în timp ce toate clădirile din localităţile din jur ard din ce în ce mai mult combustibil pentru a se încălzi. Suedia şi Danemarca sunt lideri mondiali în utilizarea centralelor mixte, folosind turbine pentru a produce electricitate, iar aburul fierbinte generat de ele fiind folosit în alte scopuri, de exemplu pentru încălzirea clădirilor din jur. Turbinele, alimentate cu gaz natural, dar şi cu biocombustibili (resturi lemnoase, lemn din păduri de cultură

sustenabile sau resturi agricole), se apropie de o eficienţă de 90% în ce priveşte producerea însumată de electricitate şi căldură.

O priveliştе familiară în timpul repornirii civilizaţiei s-ar putea să fie căruţele trase de animale sau chiar camioanele adaptate să funcţioneze cu gaz, care transportă încărcături de lemn din subarboret sau resturi agricole din câmpurile rurale spre centralele mixte, unde se va folosi fiecare firimitură de combustibil pentru a produce atât energie, cât şi căldură pentru comunităţile şi industriile din jur. Ne vom îndrepta acum atenţia asupra acestor tehnologii de transport.

Transportul

„Un motor cu benzină este magie pură. Imaginează-ţi cum e să strângi şi să potriveşti mii de bucăţele diferite de metal. E nevoie doar de puţin ulei şi puţină benzină, de o întoarcere a cheii, şi toate bucăţelele acelea de metal prind viaţă. Ele torc, şi zumzăie, şi huruie, şi fac roţile unei maşini să o ia la goană cu o viteză fantastică."

Roald Dahl, *Danny, campionul lumii*

Întreţinerea unei reţele naţionale de drumuri este

extrem de costisitoare şi de cronofagă, iar în lumea postapocaliptică şoselele se vor deteriora surprinzător de repede, chiar dacă nu vor mai fi străbătute de autovehicule grele. În regiunile temperate, ciclul sever îngheţ-dezgheţ va lărgi neîncetat micile spărturi şi crăpături, iar din seminţele adunate în ele vor creşte curând tufişuri şi copaci, rădăcinile lor fărâmiţând şi mai mult stratul subţire de macadam.

De fapt, şoselele noastre moderne din asfalt, deşi suficient de netede pentru a merge cu mare viteză pe autostradă, au o suprafaţă mai puţin durabilă decât drumurile robuste construite de vechii romani. Multe *viae publicae,* acoperite cu un strat gros de pietre dure de pavaj, erau încă circulabile la un mileniu după distrugerea civilizaţiei care le-a construit. Nu acelaşi lucru se va întâmpla şi cu reţeaua noastră de transport. Nu după mult timp, vor deveni impracticabile până şi autostrăzile importante, arterele fostei civilizaţii. Vei avea nevoie de maşini puternice de teren pentru a explora oraşele moarte: SUV-urile vor deveni pentru prima oară necesare în zonele urbane.

Şinele de tren din oţel masiv sunt mult mai rezistente decât drumurile, dar în cele din urmă vor ceda în faţa cancerului ruginii.

Cu toate astea, în primele câteva decenii după apocalips, comerţul pe distanţe lungi va fi probabil mai

uşor de făcut pe vechile linii feroviare, dacă vegetaţia va fi îndepărtată constant.

Mecanismul care stă la baza unei mari părţi a transportului modern este motorul cu ardere internă: el îţi pune în mişcare atât propria maşină, cât şi trenurile şi avioanele uşoare. Dar vehiculele mecanizate îndeplinesc şi alte roluri, foarte importante în susţinerea societăţii: de exemplu, tractoarele, combinele de cereale, bărcile de pescuit şi camioanele de mărfuri – vei dori să le ţii în stare de funcţionare cât mai mult cu putinţă. Să vedem mai întâi cum poţi obţine articolele de bază necesare funcţionării vehiculelor motorizate – combustibil şi cauciuc –, înainte de a explora care ar fi soluţiile de forţă majoră în caz că societatea nu va reuşi să păstreze un minimum de mecanizare, regresând şi mai mult.

Cum se întreţin vehiculele

Vom reveni curând la cele două feluri în care funcţionează motoarele pe benzină şi cele diesel; pentru moment, este suficient să înţelegem că au nevoie de combustibil lichid diferit. Atât benzina, cât şi motorina sunt amestecuri lichide de hidrocarburi, asemănătoare moleculelor de ulei vegetal descrise în Capitolul 5. Benzina este un amestec de hidrocarburi

care au majoritar structuri bazate pe lanţuri de 5–10 atomi de carbon, în timp ce motorina este un combustibil puţin mai greu şi mai vâscos, alcătuit din compuşi mai lungi, cu structuri ce au între 10 şi 20 de atomi de carbon. Aşa cum am văzut mai devreme, după prăbuşirea civilizaţiei, vor rămâne rezerve substanţiale din aceşti combustibili lichizi: în benzinării, în depozite, în rezervoarele maşinilor abandonate. Dar, până la urmă, supravieţuitorii vor fi nevoiţi să-şi producă ei înşişi necesarul de combustibil, pentru a putea susţine agricultura mecanizată sau transportul.

Astăzi, aceşti combustibili sunt obţinuţi prin rafinarea ţiţeiului. Metodele necesare pentru obţinerea lor sunt relativ simple şi se pot aplica pe scară mai mică. Pentru separarea componentelor lichide se foloseşte distilarea fracţionată, care se bazează pe acelaşi principiu al distilării alcoolului din apă după fermentare. Fracţiunile mai mari de hidrocarbură pot fi „rupte”, adică descompuse în molecule mai mici şi mai utile de combustibil folosind drept catalizator alumina (sub formă de piatră ponce mărunţită).

Problema menţinerii rezervei de combustibili nu o va reprezenta dificultatea rafinării chimice, ci obţinerea ţiţeiului din măruntaiele pământului fără ajutorul echipamentelor sofisticate de foraj sau al platformelor

de foraj marin. Cu toate astea, poţi produce combustibil pentru automobile şi fără a folosi petrolul ca materie primă, iar societatea postapocaliptică ar putea învăţa multe lucruri de la mişcările ecologiste de azi. Aşa cum remarca însuşi Rudolf Diesel la începutul secolului XX: „Energia poate fi produsă şi din căldura soarelui, care este mereu disponibilă pentru necesităţile agricole, chiar şi atunci când toate rezervele de combustibili lichizi şi solizi sunt epuizate”.

Un înlocuitor viabil pentru vehiculele alimentate cu benzină este etanolul (care, aşa cum am văzut în Capitolul 4, se poate produce prin fermentare). Brazilia este lider mondial la producţia de etanol: toate maşinile care circulă pe străzile acestei ţări folosesc etanol amestecat cu benzină în diferite proporţii şi chiar etanol pur. Chiar şi în America sunt multe state care cer ca benzina să conţină până la 10% alcool, amestec care se poate folosi fără modificarea motorului. Prima maşină produsă vreodată în serie, Ford Model T, era proiectată să funcţioneze fie cu benzină, fie cu alcool, iar câteva distilerii din SUA au transformat diverse plante de cultură în combustibil pentru maşini, până când prohibiţia alcoolului a pus capăt acestor practici.

Problema producţiei de etanol pe scară largă pentru alimentarea sistemului de transport este aprovizionarea cu suficient de mult zahăr rafinat

necesar alimentării microbilor de fermentare. Recolte de trestie de zahăr comparabile cu cele care susţin industria braziliană a biocombustibililor nu pot fi obţinute decât la tropice. Şi, cu toate că zahărul este prezent în orice plantă, aflându-se la baza fibrelor de celuloză din structura acestora, această substanţă organică este atât de dură şi de stabilă chimic, încât zaharurile conţinute de ea sunt foarte bine legate şi inaccesibile. În loc să încerci transformarea unei astfel de biomase în combustibil rafinat destinat motoarelor, ar putea fi mai eficient să o laşi să se descompună controlat pentru a produce gaz metan (Capitolul 3), sau pur şi simplu s-o arzi pentru a încălzi un boiler dintr-o centrală electrică.

Pe de altă parte, huruitul motoarelor diesel se va auzi aproape sigur şi după apocalips. Un astfel de motor este destul de adaptabil şi poate funcţiona pe bază de ulei vegetal transformat în biocombustibil, pe care îl poţi obţine combinând uleiul cu cel mai simplu dintre alcooluri, metanolul, în condiţii alcaline (adăugând leşie – adică hidroxid de sodiu sau de potasiu –, după cum am văzut în Capitolul 5). Metanolul, numit şi alcool de lemn, poate fi produs prin distilarea uscată a lemnului, dar se poate folosi şi etanol obţinut prin fermentaţie. Orice rest de metanol, de leşie sau de produse derivate nedorite, precum glicerolul şi

săpunul, poate fi purificat prin fierbere în apă, care trebuie eliminată înainte de a folosi combustibilul.

Poţi folosi aproape orice tip de ulei vegetal. În Marea Britanie se foloseşte uleiul de rapiţă, pentru că rapiţa furnizează o cantitate mare de ulei la hectar (mai mare decât floarea-soarelui sau soia); acest ulei se poate obţine uşor prin presarea seminţelor, iar tulpinile reprezintă un nutreţ hrănitor pentru animale. La nevoie, se pot folosi şi grăsimi animale. Grăsimea se scoate de pe resturile de carne sau de pe carcase fierbându-le la foc mic şi poate fi transformată în biocombustibil la fel ca uleiurile vegetale, însă hidrocarburile mai lungi din care este alcătuită cresc riscul ca aceasta să îngheţe în rezervor pe vreme rece.

Problema cu aceşti biocombustibili este că se bazează pe transformarea în combustibil a recoltelor agricole, ceea ce înseamnă că menţinerea pe şosea chiar şi a unei maşini de dimensiuni reduse va consuma aproape un sfert de hectar de recoltă. În funcţie de condiţiile în care se reface societatea, hrana ar putea fi insuficientă pentru populaţia supravieţuitoare. În acest caz, ar putea oare autovehiculele să fie alimentate din surse necomestibile?

De fapt, toate motoarele cu ardere internă funcţionează pe bază de gaz, nu cu ajutorul combustibilului lichid. În motor se creează o ceaţă fină

de benzină sau de motorină, care apoi arde. Prin urmare, o altă posibilitate de a susţine transportul mecanizat este livrarea de gaz combustibil spre motor dintr-o butelie de gaz aflată sub presiune. Aşa sunt alimentate vehiculele moderne care funcţionează pe bază de gaz natural (metan) sau de gaz petrolier lichefiat (GPL: un amestec de propan şi butan).

O alternativă rudimentară potrivită pentru perioada de după apocalips, când pomparea gazelor în rezervoare la o presiune de sute de atmosfere s-ar putea dovedi dificilă, ar fi echiparea vehiculelor cu pungi de gaz. În timpul crizei de combustibil din perioada celor două războaie mondiale, în astfel de baloane sigilate de cauciuc se păstrau 2–3 m^3 de gaz de cărbune sau gaz metan, echivalentul unui litru de benzină.

O variantă mai puţin complicată ar fi generarea de gaz combustibil pe măsură ce vehiculul se deplasează, şi anume construirea unei maşini alimentate cu lemn.

Principiul de bază este cunoscut sub numele de gazeificare a lemnului. Pentru a-l înţelege, aprinde un chibrit şi priveşte-l atent. Vei observa că între flacăra galbenă de la capăt şi băţul care se înnegreşte există în mod evident un spaţiu. Aşadar, flacăra nu este alimentată predominant de chibritul însuşi, ci de gazele combustibile produse în timp ce moleculele organice

complexe ale lemnului sunt descompuse de căldură, gaze care ard cu flacără doar când întâlnesc oxigenul din aer. Acesta este procesul de piroliză, despre care am vorbit în contextul distilării uscate a lemnului şi al condensării vaporilor în mai multe tipuri de fluide utile (vezi Capitolul 5), dar pentru alimentarea unui motor avem nevoie de o rată mai eficientă de conversie a lemnului în gaz inflamabil şi de o izolare mult mai mare a flăcării lemnului pirolizat decât în cazul chibritului. Gazele produse trebuie împiedicate să se aprindă până nu sunt transportate în motor, când li se permite să se amestece cu oxigenul şi să explodeze în cilindri.

În timpul celui de al Doilea Război Mondial, transportul public din Europa a fost asigurat de aproape un milion de vehicule alimentate cu ajutorul gazeificatoarelor. Germania a fabricat un Volkswagen Broscuţă cu tot echipamentul de gazeificare instalat în mod inteligent în interiorul caroseriei, fiind prevăzut doar cu o gaură în capotă, pe unde se putea adăuga lemn; în 1944, armata germană a trimis în luptă chiar şi cincizeci de tancuri Tiger alimentate pe bază de gazeificare a lemnului.

Vehicul alimentat de un gazogen bazat pe lemn.

Un gazogen este, în esenţă, o coloană etanşă cu capac deasupra, şi poate fi construit din materiale recuperate – de exemplu dintr-un tomberon de gunoi din tablă galvanizată, acoperit cu un capac de oţel şi echipat cu ţevi obişnuite de plumb. Pe sus se introduce lemn nou, iar, pe măsură ce acesta se îndreaptă spre fund, este mai întâi uscat, apoi pirolizat de căldura din coloană şi parţial ars cu aport limitat de oxigen, pentru a obţine temperatura necesară. Important este ca la baza coloanei să se formeze un strat de cărbune de lemn încins, care să reacţioneze cu vaporii şi gazele degajate în procesul de piroliză pentru a le duce la bun sfârşit

transformarea chimică. Gazul generat astfel este bogat în hidrogen uşor inflamabil, metan, monoxid de carbon şi conţine 60% azot inert – dar este foarte toxic, motiv pentru care se lucrează cu el doar în locuri bine ventilate. Gazul se extrage prin partea de jos a recipientului, este răcit, pentru ca orice tip de vapori care ar năclăi motorul să se condenseze, apoi este transmis în cilindri.

Circa 3 kg de lemn (în funcţie de densitate şi gradul de uscare) echivalează cu 1 litru de benzină, deci consumul de gaz nu se măsoară în kilometri pe litru, ci în kilometri pe kilogram – vehiculele cu gazogene din timpul războiului ajungeau să parcurgă circa 2 km de drum cu 1 kg de lemn ars.

Combustibilul nu este singurul consumabil de care au nevoie maşinile ca să rămână în mişcare. Este nevoie şi de cauciuc, pentru a fabrica anvelope, care se uzează constat prin rulare, precum şi camerele dinăuntrul lor, care se umflă ca nişte baloane ca să amortizeze rularea.

Pentru a putea folosi cauciuc natural, proprietăţile acestuia trebuie puse în valoare cu ajutorul vulcanizării. Cauciucul se topeşte împreună cu puţin sulf, apoi este turnat în matriţe pentru a se întări. În timpul acestui proces, lanţurile moleculare spiralate ale cauciucului formează o plasă rezistentă, fixată prin intermediul punţilor de sulf. Se produce astfel o

substanţă aproape indestructibilă, mai elastică decât latexul iniţial, dar care nu devine lipicioasă la căldură, nici friabilă la frig.

Problema este că, odată vulcanizat, cauciucul nu mai poate fi pur şi simplu topit din nou şi transformat în alte produse. Pentru a furniza o rezervă potrivită de anvelope cu profiluri ferme, precum şi pentru a face alte produse din cauciuc – valve şi tuburi, de exemplu – , societatea postapocaliptică nu va putea recicla obiectele rămase, ci va fi nevoită să găsească o sursă nouă de cauciuc.

În mod tradiţional, cauciucul se produce din latex recoltat din seva arborelui de cauciuc (*Hevea brasiliensis*), care creşte doar în condiţii tropicale umede, pe o fâşie îngustă în jurul ecuatorului. O sursă alternativă o furnizează tulpinile, crengile şi rădăcinile arbustului Guayule (*Parthenium argentatum*). Spre deosebire de *Hevea,* această plantă scundă creşte de obicei pe platourile semiaride din Texas şi Mexic. Utilizarea sa a atins un punct culminant în timpul celui de-al Doilea Război Mondial, când Aliaţii au pierdut 90% din capacitatea de aprovizionare cu cauciuc după ce Japonia a invadat Asia de Sud-Est. Chimia necesară producerii cauciucului sintetic va fi cumplit de complicată în primele stadii ale refacerii. Prin urmare, după ce rezervele preexistente de cauciuc se vor

deteriora, dacă nu trăieşti în apropierea unei surse naturale care să-ţi permită fabricarea acestui material, restabilirea comerţului pe distanţe lungi va deveni una dintre marile priorităţi.

Chiar dacă poţi asigura cererea de combustibil şi de cauciuc, nu vei reuşi să ţii vehiculele în stare de funcţionare la nesfârşit. Componentele oricăruia dintre tipurile de maşini rămase se vor uza şi se vor deteriora în mod inevitabil, şi, chiar dacă vei reuşi o vreme să obţii piese de schimb de la alte maşini, la un moment dat va trebui să începi să le produci singur. Fabricarea pieselor de schimb pentru motoarele moderne cere un grad mare de pricepere metalurgică în a combina aliajele şi utilajele potrivite să producă piese cu toleranţe precise – subiecte despre care am discutat în Capitolul 6. Dacă nu se va ajunge la acest nivel până la moartea ultimului motor funcţional, societatea va regresa şi mai mult. În această situaţie, ce alternative avem pentru a păstra transportul şi producţia agricolă?

Dar dacă dispare mecanizarea?

În lipsa mecanizării, va trebui restabilită puterea animală. Primele animale de tracţiune din istorie au fost boii, adică taurii castraţi. Ei pot fi folosiţi din nou, dacă tractoarele nu vor mai funcţiona. Caii de tracţiune,

cum sunt cei din rasa Shire (urmaşi ai animalelor crescute să poarte în spate cavaleri echipaţi cu armură pe câmpurile de bătălie din Europa medievală), sunt mai rapizi, mai puternici şi sunt mai rezistenţi la oboseală decât boii. Dar, dacă vrei să înlocuieşti boii cu cai, trebuie mai întâi să reinventezi hamurile potrivite, un accesoriu fundamental, care le-a scăpat civilizaţiilor antice şi clasice.

Boii pot fi înhămaţi cu un jug de lemn, care li se sprijină pe gât şi este fixat pe fiecare dintre lateralele gâtului, sau cu un jug prins de coame. Morfologia cailor, pe de altă parte, necesită un harnaşament specific, format din curele. Cel mai simplu sistem este hamul de tip „gât şi chingă", cu un harnaşament trecut peste umerii şi gâtul gros al calului şi altul pe sub burtă, cu punctul de ataşare al încărcăturii poziţionat la mijlocul spatelui. Acest stil de ham a fost larg răspândit în Antichitate, fiind folosit vreme de secole de asirieni, egipteni, greci şi romani. Cu toate acestea, este complet nepotrivit pentru structura anatomică a calului şi pur şi simplu nu funcţionează pentru tracţiuni grele, cum este trasul plugului. Problema este că hamul din faţă apasă pe vena jugulară şi pe traheea calului, astfel că animalul practic se sufocă dacă trage mai cu putere. Soluţia este reproiectarea unui harnaşament care să schimbe punctul în care animalul îşi exercită forţa.

Harnaşamentul tip „guler” este un inel de metal sau de lemn bine căptuşit, care se potriveşte confortabil în jurul gâtului calului, cu puncte de ataşare a hamurilor nu în spatele gâtului, ci mai jos, pe fiecare parte a corpului, astfel încât povara să fie distribuită uniform asupra pieptului şi umerilor calului. Acest guler adaptat anatomic – o aplicaţie timpurie a ceea ce numim design ergonomic – a fost dezvoltat în China în secolul al V-lea, dar nu a fost adoptat pe scară largă în Europa decât o dată cu secolul al XII-lea. Acest tip de harnaşament îi permite calului să-şi folosească întreaga putere – animalul poate livra acum de trei ori mai multă forţă de tracţiune decât cu versiunile anterioare ale acestui dispozitiv. În felul acesta, plugurile trase de cai au ajuns să revoluţioneze agricultura medievală.

Combinarea postapocaliptică a tracţiunii animale cu rămăşiţele vehiculelor actuale ar putea produce spectacole bizare. Partea din spate a şasiului unei maşini sau a unui camion poate fi recuperată şi folosită ca bază pentru construirea unei căruţe completate cu elemente de lemn. Şi mai simplu este să tai o maşină în două, să renunţaţi la partea din faţă, cu motorul ei nefuncţional, dar să păstrezi roţile şi bancheta din spate. O pereche de ţevi subţiri pot fi adaptate ca loitre pentru a înhăma la restul maşinii un măgar sau un bou. Odată cu dispariţia mecanizării, o astfel de trăsurică

improvizată ar putea deveni un lucru obişnuit.

Întoarcerea la exploatarea forţei animale ar însemna însă reorientarea producţiei agricole mai degrabă în direcţia hrănirii animalelor decât a oamenilor. În timpul vârfului utilizării agricole a animalelor din Marea Britanie şi Statele Unite, care s-a petrecut, în mod surprinzător, în jurul anului 1915 (deşi motoare cu abur existau de cincizeci de ani şi deja apăruseră tractoarele cu benzină), o treime dintre terenurile cultivate erau destinate întreţinerii cailor.[32]

Pe lângă exploatarea puterii necesare acţionării uneltelor agricole şi transportului, o altă prioritate o va constitui recucerirea mărilor, pentru a restabili pescuitul şi comerţul, iar, dacă nu te vei putea baza pe soluţii mecanizate, va trebui să revii la vasele cu pânze.

---

[32] Există un precedent recent pentru o astfel de regresie tehnologică survenită după prăbuşirea mecanizării şi o reîntoarcere de urgenţă la puterea tracţiunii animale. începând cu anii '6o, ca urmare a revoluţiei lui Castro şi a adoptării ideologiei sovietice în Cuba, sistemul agricol al acestei insule caraibiene a devenit tributar utilajelor agricole şi combustibilului furnizate de Uniunea Sovietică şi de ţările din estul Europei. După prăbuşirea blocului sovietic din 1989, Cuba comunistă s-a trezit brusc lipsită de aprovizionarea cu echipamente şi combustibili fosili, lucru care a dus la o criză naţională a transportului, a agriculturii mecanizate şi a capacităţii de a produce îngrăşăminte sintetice sau pesticide. Pentru a înlocui 40.000 de tractoare, naţiunea a fost obligată să dezvolte rapid mijloace de exploatare a forţei animale şi s-au lansat programe de urgenţă pentru creşterea şi pregătirea animalelor de acest gen. în mai puţin de un deceniu, pentru a-şi putea lucra terenul agricol, Cuba a ajuns la un şeptel de aproape 400.000 de boi şi la o populaţie cabalină tot mai însemnată.

Funcţionarea de bază a unei pânze de corabie este intuită de oricine a văzut vreodată cearşafuri uscate afară, pe frânghie, şi umflate de vânt Instalează în mijlocul ambarcaţiunii un stâlp vertical pe post de catarg şi prinde de vârful lui o bară poziţionată orizontal şi în unghi drept faţă de coca vasului, pe post de vergă. Atârnă de vergă o pânză mare, asigură-i partea de jos cu frânghii şi vei avea o ambarcaţiune cu velă pătrată, care a fost inventată în mod independent de-a lungul istoriei de numeroase culturi. Vela captează vântul care suflă din spatele ei: chiar şi ambarcaţiunile primitive pot înainta bine folosind acest sistem. Însă cu o astfel de velatură nu vei reuşi niciodată să navighezi cu mai puţin de 60° faţă de direcţia din care bate vântul, aşa că te afli în foarte mare măsură la mila capriciilor vremii.

Un aranjament mai sofisticat îl reprezintă velatura longitudinală. În acest caz, pânza nu este perpendiculară pe vas, ci orientată de-a lungul axului cocăi, suspendată diagonal de o vergă înclinată sau de o frânghie ataşată de capătul catargului. Ambarcaţiunile cu astfel de sisteme sunt mult mai manevrabile şi pot înfrunta vântul mult mai bine decât cele cu pânze pătrate – iahturile moderne pot naviga până la 20° faţă de bătaia vântului –, dar majoritatea ambarcaţiunilor mari au o combinaţie de velaturi.

Velele longitudinale datează încă din perioada romană, dar s-au dezvoltat cu adevărat în timpul epocii marilor descoperiri, iniţiată în secolul al XV-lea de exploratorii spanioli şi portughezi, care au străbătut oceanele lumii ca să descopere noi teritorii îndepărtate şi să stabilească alte rute comerciale.

Când o pânză longitudinală este dispusă oblic faţă de vânt, intervine un efect complet nou. Vântul care bate în pânză o face să se umfle spre exterior şi să se comporte ca un profil aerodinamic – aerul care alunecă peste suprafaţa curbată este deviat şi creează în faţa pânzei o zonă de presiune scăzuţi în loc să fie împinsă pe apă de forţa vântului, ca în cazul velei pătrate, vela longitudinală este practic aspirată înainte de această forţă de portanţă aerodinamică. Fără să înţeleagă pe deplin legile fizicii presupuse de acest proces, expediţia din 1522 a lui Fernando Magellan a fost prima întreprindere de acest gen care a dat ocol Pământului utilizând aceleaşi principii aerodinamice aflate la baza aripilor aeronavelor şi a turbinelor cu reacţie.

Folosirea velei longitudinale în captarea vântului care bate de-a curmezişul ambarcaţiunii creează însă o problemă de stabilitate, iar vasul riscă să se încline şi să se răstoarne. Soluţia este încărcarea cu balast a părţii de jos a ambarcaţiunii, pentru a se redresa singură, şi alegerea unei carene potrivite, deseori în formă de

aripioară de rechin răsturnată, care să reziste forţei de basculare imprimate de vele. Dar, dacă reuşeşti să echilibrezi aceste forţe contrare şi să ajustezi velatura astfel încât să conferi velelor longitudinale curbura optimă, consecinţa miraculoasă a legilor fizicii care acţionează asupra unui profil aerodinamic este că o ambarcaţiune prevăzută cu aşa ceva poate naviga mai rapid decât vântul care bate în velele sale.

Dacă nu poţi recupera niciun fel de ambarcaţiune utilizabilă, va trebui să o construieşti singur. Construcţia tradiţională a unei bărci de lemn implică fixarea unor scânduri de-a lungul unui cadru şi etanşeizarea îmbinărilor cu fibre vegetale îmbibate cu smoală. În cazul în care reuşeşti să recuperezi suficiente plăci de oţel, le poţi nitui laolaltă. Pânzele sunt bucăţi textile mari – o aplicare a tehnologiei ţesăturilor, despre care am discutat în Capitolul 4. Când fabrici o pânză, foloseşte ţesătură simplă şi ţine cont că materialul este mai rezistent dacă este tras în direcţia bătelii, pentru că firele respective sunt deja mai rigidizate decât urzeala şi că materialul se deformează şi se deteriorează mai uşor dacă este întins diagonal (poţi verifica acest lucru chiar acum cu un colţ de cămaşă). În acelaşi fel, frânghiile care întind şi acţionează pânzele se produc torcând fibrele, apoi răsucind firele, apoi împletind firele în frânghii şi, dacă este nevoie, frânghiile în

odgoane. Scripeţii şi troliurile necesare pentru a controla velele sunt identice cu cele folosite la ridicatul greutăţilor pe schele sau cu macaraua într-un şantier de construcţii.

Să sperăm că, nu peste multă vreme, civilizaţia în refacere va deveni din nou capabilă să stăpânească prelucrarea metalelor şi producerea de utilaje. Un mod simplu de transport într-o lume lipsită de motoare ar fi bicicleta. Inima bicicletei acţionate cu ajutorul pedalelor este sistemul manivelă, care transformă efortul picioarelor într-o mişcare circulară aplicabilă roţilor. Dar şi aici există o problemă importantă de inginerie, ce va trebuie rezolvată: nu poţi cupla această mişcare circulară direct la roţi, ca la o tricicletă de copil, deoarece, pentru a atinge o viteză semnificativă, ar trebui să pedalezi nebuneşte.

Abordarea cea mai simplă este folosirea unei roţi mai mari în faţă, astfel încât circumferinţa enormă a acesteia să asigure o viteză decentă la o rotire modestă a pedalelor – aceasta a fost ideea din spatele caraghiosului velociped, a cărui roată frontală avea diametrul de 1,20 metri. O soluţie mult mai bună – care astăzi ni se pare evidentă, dar care a fost concepută de un constructor de biciclete abia în 1885 – este folosirea roţilor dinţate, legate printr-un lanţ. Două pinioane de mărimi diferite, care îi permit roţii motrice să se mişte

mai repede decât manivela pedalelor, sunt cuplate mecanic printr-un lanţ cu role (asemănător el însuşi cu un proiect schiţat de Leonardo da Vinci în secolul al XVI-lea). Alt principiu esenţial de funcţionare este ca furca din faţă, cea care leagă butucul roţii de ghidon, să fie uşor înclinată spre spate, pentru ca roata din faţă să se poată îndrepta în lateral, oferind stabilitate bicicletei.[33]

Reinventarea transportului motorizat

La un moment dat, tânăra civilizaţie postapocaliptică va atinge suficientă complexitate în materie de metalurgie şi inginerie încât să-şi pună problema construirii motoarelor. Dacă societatea regresează până în stadiul folosirii tracţiunii animale şi a navigaţiei cu pânze, cum ar putea reinventa motorul cu ardere internă fără niciun model funcţional? Din ce este alcătuită inima care bate sub capota vehiculelor noastre?

Motorul cu ardere internă este un exemplu excelent al faptului că un dispozitiv complex reprezintă de fapt un agregat de componente mecanice de bază, cu origini

[33] Contrar credinţei populare, stabilitatea unei biciclete are foarte puţină legătură cu efectul giroscopic al învârtirii roţilor, mai ales la viteze mici.

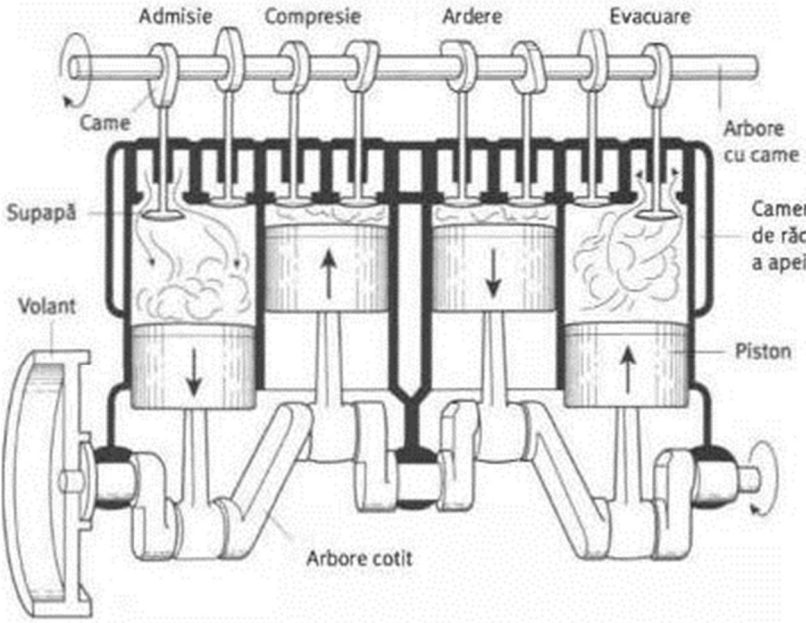
foarte diferite, aranjate într-o configuraţie inedită pentru a rezolva o nouă problemă cu care te confrunţi. Dacă ai putea îndepărta „pielea” metalică a maşinii tale şi ai diseca-o ca pe un organism, vei descoperi nenumărate submecanisme, care interacţionează între ele asemenea diferitelor organe şi ţesuturi care alcătuiesc corpul uman.

Aşadar, care sunt principiile de bază ale funcţionării automobilului şi cum poate fi acesta proiectat de la zero?

Am văzut în Capitolul 8 care este principiul de acţiune al unui motor cu ardere *externă* un mecanism cu abur funcţionează arzând combustibil pentru a încălzi un cazan şi forţează aburul să pătrundă într-un cilindru. O utilizare mult mai eficientă a energiei chimice conţinute de combustibil o reprezintă eliminarea etapei intermediare şi folosirea presiunii gazului fierbinte produs chiar de ardere. Dacă, într-un spaţiu închis, este introdusă o cantitate mică de combustibil, care este apoi aprins, dilatarea explozivă a gazelor fierbinţi rezultate poate fi făcută să împingă un piston şi astfel să muncească în avantajul tău. Dacă reuşeşti să reproduci această operaţie de mai multe ori pe secundă, vei avea un mijloc fiabil şi regulat de generare a puterii. Pregătirea cilindrului pentru o nouă explozie presupune deschiderea unei găuri în

dispozitiv şi împingerea pistonului la loc, expulzând gazele de eşapament. Pistonul revine apoi la poziţia anterioară, absorbind aerul încărcat de oxigen şi amestecat cu combustibil proaspăt printr-o a doua supapă. Comprimarea acestui amestec, prin care devine dens şi fierbinte, îl pregăteşte pentru o nouă ardere. Acest ciclu în patru timpi reprezintă inima majorităţii motoarelor cu ardere internă de pe planetă.

După pătrunderea combustibilului în cilindru, există două posibilităţi de a declanşa arderea, iar ele reprezintă diferenţa dintre motoarele cu benzină şi cele diesel. Lichidele volatile, de tipul etanolului (sau benzinei), se pot vaporiza amestecându-se cu aer într-un carburator, înainte de introducerea lor în cilindru, unde sunt aprinse de o bujie electrică. Amestecurile de molecule de hidrocarburi mai grele, precum motorina, pot fi injectate în cilindru sub formă de ceaţă fină, la capătul mişcării de compresie, pentru a se vaporiza şi a se aprinde spontan drept consecinţă a creşterii temperaturii prin presurizarea extremă a aerului. (Oricine a pipăit duza unei pompe de picior după umflarea unei anvelope a remarcat cât de tare se încălzeşte aceasta datorită comprimării aerului.) Sau, aşa cum am văzut la începutul capitolului, poţi alimenta motorul cu gaz injectat direct în cilindri.



Motorul cu ardere internă în patru timpi, compus din cilindri şi pistoane, un arbore cotit, ce transmite puterea unui volant, şi un arbore cu came, ce coordonează deschiderea şi închiderea supapelor.

Următoarea provocare în vederea propulsării unui vehicul o constituie transformarea mişcării rectilinii a pistoanelor în rotaţie uniformă, capabilă să învârtă roţile sau elicea. Dispozitivul care execută această transformare este manivela, întâlnită şi la biciclete. În cazul motoarelor, manivela este cuplată cu o bielă pivotantă, care o leagă de arborele de transmisie (la bicicletă, picioarele sunt cele care joacă rolul de bielă). Cea mai veche formă cunoscută a unui astfel de mecanism fundamental se regăseşte la o roată de apă romană din secolul al III-lea, unde transforma mişcarea de rotaţie indusă de apă în deplasarea rectilinie a unui

fierăstrău lung.

La motoarele moderne, care combină puterea mai multor pistoane, este folosită o piesă numită arbore cotit, ce posedă pe toată lungimea lui o serie de fusuri sub formă de manete, care permit pistoanelor să acţioneze acelaşi ax. Chiar dacă cilindrii se aprind într-o ordine eşalonată, impulsurile exploziilor care învârt arborele sunt sacadate, fiind nevoie de o modalitate de a echilibra rotaţia. De data aceasta, soluţia este oferită de vechea tehnologie a olăritului. La capătul arborelui cotit este fixat un volant, care funcţionează asemenea discului greu de piatră al roţii olarului, înmagazinând energia produsă de rotaţie şi omogenizând mişcarea.

Pentru a coordona deschiderea şi închiderea supapelor care permit intrarea combustibilului şi eliminarea gazelor arse din cilindru în timpul ciclului de ardere, este nevoie de o altă componentă mecanică străveche. Cama are o formă excentrică, alungită, ce îi permite să ridice ritmic o pârghie sau să acţioneze un împingător, ea însăşi învârtindu-se pe un ax. În trecut, camele se foloseau la acţionarea ciocanelor, atunci când puterea unei roţi de apă era folosită pentru a ridica în mod repetat un ciocan greu şi a-l lăsa să cadă atunci când cama se rotea şi îl elibera. Acest dispozitiv, cunoscut în Grecia antică, reapare în mecanismele

medievale din secolul al XIV-lea. La motoarele moderne cu ardere internă, camele, acţionate de arborele cotit principal, permit coordonarea perfectă a mişcării supapelor cu ciclul pistoanelor.

Dacă vrei să foloseşti motorul pentru a pune în mişcare vehicule de teren, şi nu doar ca să învârtă elicea unei bărci, va trebui să mai rezolvi câteva probleme tehnice. După ce ai rezolvat partea principală a proiectului, următoarea problemă mecanică este transmiterea forţei către roţi. Una dintre părţile componente cele mai intuitive ale mecanismului de acţionare a unui automobil este transmisia: în esenţă, nu e decât o cutie care permite modificarea contactului dintre diferitele roţi dinţate, funcţionând după acelaşi principiu fundamental aflat la baza lanţurilor de transmisie cunoscute încă din secolul al III-lea î.Cr. Motorul cu ardere internă se învârte cu o viteză foarte mare, folosind astfel trepte inferioare – arborele de transmisie este acţionat cu o roată dinţată mai mică decât cea aflată la nivelul motorului – pentru a transforma această rotaţie în forţă de tracţiune. Acest cuplu de torsiune mai mare este necesar mai ales pentru accelerare sau urcarea dealurilor.

Un element de echipament care facilitează schimbarea vitezelor este ambreiajul. La multe automobile, acest ansamblu transmite puterea

motorului prin intermediul unui disc dur, aflat în contact direct cu volantul – ironia este că tocmai frecarea permite buna funcţionare a motorului. Discul şi volantul pot fi apoi despărţite pentru a deconecta motorul de arborele de transmisie. Primele modele de utilaje pentru prelucrarea lemnului, precum strungul, au utilizat sisteme similare pentru a permite decuplarea mecanismului de la sursa de putere.

Primele maşini au folosit exact tehnologia bicicletei, adică osia din spate se acţiona cu ajutorul unui lanţ şi al unui pinion. O metodă mai eficientă de transfer a puterii motorului este învârtirea unui arbore de transmisie, dar acesta trebuie să aibă un anumit grad de flexibilitate, pentru a nu se decupla atunci când maşina se zdruncină în timpul mersului. Cum i se poate permite unei tije rigide să se îndoaie sau să se răsucească în toate direcţiile, dar să transmită putere în continuare? Soluţia o reprezintă poziţionarea pe lungimea ei a două articulaţii universale, al căror model a fost conceput încă din 1545.

După ce obţii un vehicul gata de drum, următoarea prioritate este conceperea unui mijloc prin care să-l virezi cu uşurinţă de pe scaunul de şofer. Primele maşini au folosit o simplă bară adaptată din tehnologia navală, unde controla direcţia bărcilor. După o minimă reflecţie, s-a descoperit o soluţie mult mai bună, de data

aceasta adaptând tehnologia folosită în cazul vechilor clepsidre, care datează din jurul anului 270 î.Cr. Sistemul pinion şi cremalieră este format din combinarea unui pinion cu o bară lungă, dinţată. Volanul manevrat de şofer are un ax care învârte pinionul, care la rândul lui deplasează cremaliera spre stânga sau spre dreapta, pentru a orienta roţile din faţă.

O ultimă problemă de inginerie apare atunci când ai de-a face cu două roţi fixate pe aceeaşi osie. Când maşina virează, roata din exterior trebuie să se mişte puţin mai repede decât cea din interior; altminteri, dacă se învârt cu aceeaşi viteză, pot ajunge să alunece sau să opună rezistenţă, făcând condusul dificil şi deteriorând anvelopele. Un sistem cunoscut sub numele de diferenţial – un ansamblu format din cel mult patru roţi dinţate – permite motorului să acţioneze ambele roţi, deşi acestea se învârt cu viteze diferite. Această soluţie, folosită în Europa încă din anii 1720, este posibil să fi apărut în China în jurul anului 1000 î.Cr.

Aşadar, dacă dezasamblezi o maşină sport nou-nouţă – adică ceva ce consideri a fi culmea tehnologiei moderne vei găsi un amestec de componente a căror origine se pierde în negura timpului: roata olarului, joagăre romane, ciocane acţionate mecanic, strunguri de lemn şi clepsidre.

Motorul cu ardere internă este un mecanism

miraculos, care este capabil să transforme în mişcare energia chimică latentă din combustibil şi care se află la baza unei mari părţi din sistemul de transport actual (alături de motoarele cu reacţie ale avioanelor rapide şi de turbinele cu abur ale navelor mari). Am văzut în ce fel se pot produce combustibili gazoşi sau lichizi pentru alimentarea acestor motoare, iar un rezervor plin oferă o sursă de energie potenţială formidabilă, astfel încât, în noua societate postapocaliptică, combustia va juca cu siguranţă din nou un rol important în deplasarea pe distanţe lungi, atât pe pământ, cât şi pe apă. Problema este însă că, fără ţiţei uşor accesibil, civilizaţia care va veni după noi s-ar putea să aibă resurse limitate de combustibil: proliferarea vehiculelor cu motor după anii 1920 a fost facilitată de accesul la carburantul ieftin produs de rafinării. Aşadar, care ar fi o soluţie alternativă pentru restabilirea unei infrastructuri de transport într-o societate aflată în reconstrucţie?

În locul arderii unei părţi a recoltei pentru a produce biodiesel sau a fermentării sale pentru a obţine etanol, ar putea fi mai simplu să se ardă întreaga cultură. Folosirea cazanelor pentru a acţiona turbine cu abur sau pentru a produce electricitate prin arderea unei vegetaţii cu creştere rapidă, precum meiul decorativ, stuful chinezesc sau subarboretul, ar reprezenta o

utilizare mai eficientă a energiei solare captate de această biomasă. Energia electrică produsă sustenabil pe bază de biocombustibili (precum şi cu ajutorul vântului sau al apei) poate fi transportată prin cabluri ca să alimenteze trenuri şi tramvaie sau să reîncarce bateriile unor vehicule mai mici. O maşină electrică poate străbate o distanţă mai lungă pe baza unui hectar de cultură decât una echipată cu motor cu ardere internă alimentată cu biocombustibilul obţinut din aceeaşi cantitate de plante. În plus, un cazan care acţionează o turbină cu abur poate fi încălzit cu materie vegetală de calitate inferioară faţă de cea necesară pentru sinteza biocombustibilului. Iar, dacă produci electricitate într-o centrală mixtă termo-electrică, poţi folosi căldura suplimentară pentru încălzirea clădirilor din vecinătate. O societate cu energie limitată va trebui să se gândească cum să eficientizeze consumul de combustibil, şi se pare că transportul urban al unei civilizaţii postapocaliptice va fi predominant electric.

De fapt, la un moment dat, vehiculele electrice erau destul de răspândite. În primii ani ai secolului XX, când se luptau pentru supremaţie trei tehnologii complet diferite de automobile, maşinile electrice aveau un avantaj faţă de variantele acţionate cu abur sau cu benzină, deoarece erau mult mai simple, mai trainice, mai silenţioase şi nu poluau. La Chicago, au ajuns chiar

să domine piaţa automobilelor. În 1912, anul de vârf al producţiei de maşini electrice, existau 30.000 de automobile electrice care rulau fără zgomot pe străzile din SUA, plus încă 4000 în Europa; în 1918, o cincime dintre taxiurile din Berlin aveau motor electric.

Dezavantajul maşinilor electrice autonome (spre deosebire de trenuri sau tramvaie, care se alimentează continuu prin cablul electric de deasupra) este că nici măcar o combinaţie de baterii mari nu poate stoca prea multă energie, fiind nevoie apoi de mult timp pentru a le reîncărca. Autonomia maximă a acestui tip de vehicul era în jur de 160 km[34] – mai mult decât ar putea să parcurgă un cal, fiind totodată cât se poate de potrivită în zonele urbane de după apocalips. Soluţia ar fi ca, în loc să reîncarci bateria, s-o schimbi cu una gata încărcată. În 1900, oraşul Manhattan opera cu succes un parc de taxiuri electrice, cu o staţie centrală unde se schimbau rapid bateriile descărcate cu unele pline.

Aşadar, folosind o combinaţie de motoare cu ardere internă alimentate cu biocombustibil şi de vehicule electrice, o societate postapocaliptică emergentă va fi capabilă să-şi susţină nevoile de transport chiar şi fără

---

[34] În mod ironic, cam tot 160 km este şi autonomia maşinilor electrice modeme. îmbunătăţirile tehnologice aduse bateriei şi motoarelor electrice au fost anulate de o creştere în dimensiune şi în greutate a maşinii, iar conducătorii vehiculelor electrice suferă de „anxietatea alimentării".

abundenţa de petrol de care am beneficiat în timpul dezvoltării noastre. A venit însă momentul să trecem de la transportul persoanelor şi al materialelor la transportul ideilor: în capitolul următor, vom explora tehnologiile de comunicare.

Mijloace de comunicare

„Mi-a povestit un călător venit / Dintr-un străvechi meleag: – Două picioare / De piatră-ntr-un deşert am întâlnit. / Alături, în nisip, o faţă care, / Prin rânjetu-i pe gură-ncremenit, / Vădea că al ei sculptor desluşise / Acele patimi ce-au rămas întregi / Când inima ce le-a hrănit murise. / Pe soclu, limpezi, câteva cuvinte: / – Sunt Ozymandias, rege peste regi. / Priviţi-mi, oameni, chipul maiestos! / Nimic n-a mai rămas ca mai înainte."

Percy Bysshe Shelley, *Ozymandias*[35]

Astăzi, când există internet, reţele wireless omniprezente şi telefoane mobile inteligente, comunicarea la nivel mondial se face instantaneu şi fără efort. Păstrăm legătura prin e-mail, Skype şi Twitter, website-urile răspândesc ştiri şi informaţii:

---

[35] Traducere de Petre Solomon. (N. tr.).

întreaga bogăţie a cunoaşterii umane se află literalmente în propria palmă. Într-o lume postapocaliptică vom fi însă nevoiţi să ne întoarcem la tehnologii de comunicare mai tradiţionale.

Scrisul

Înainte de inventarea scrisului, cunoaşterea circula între minţile oamenilor doar prin intermediul cuvintelor rostite. Dar istoria orală nu poate conserva decât o cantitate limitată de informaţie, ideile riscând să moară odată cu posesorii lor. Prin transcrierea lor pe un suport fizic, gândurile pot fi acumulate şi păstrate cu fidelitate, având posibilitatea să le accesezi ulterior. O cultură care a dezvoltat scrisul poate acumula mult mai multă cunoaştere decât cea pe care memoria colectivă a populaţiei sale ar reuşi vreodată s-o strângă.

Scrisul este una dintre tehnologiile revoluţionare ce fac posibilă civilizaţia şi implică saltul conceptual care permite transformarea cuvintelor vorbite într-o succesiune de semne desenate: fie litere alese arbitrar, ce reprezintă fiecare sunet distinctiv al unei limbi (aşa cum sunt fonemele în engleză), fie caractere ce simbolizează obiecte şi concepte specifice (cum sunt morfemele în chineză). La nivel elementar, scrisul permite înregistrarea acordurilor comerciale, a

arendării unui teren sau a unui cod de legi. Însă dezvoltarea culturală, ştiinţifică şi tehnologică a unei societăţi este stimulată de acumularea de *cunoaştere.*

În lumea modernă, am ajuns să considerăm de la sine înţeleasă existenţa unor produse de bază cum sunt hârtia şi stiloul, dându-ne seama cât sunt de importante doar când nu avem la îndemână o bucată de hârtie pe care să notăm lista de cumpărături sau când deplângem dispariţia de neînţeles a pixului pe care l-am lăsat din mână abia acum două minute. Deşi civilizaţia noastră va lăsa în urmă hârtie din belşug, acest material este foarte perisabil şi va arde uşor în incendiile care vor distruge oraşele pustii sau va putrezi din cauza umezelii sau a inundaţiilor. Cum ai putea produce singur hârtie în cantităţi mari şi cum ai putea sări peste etapa cronofagă a producerii altor materiale folosite în trecut, cum sunt papirusul şi pergamentul?

Hârtia a fost inventată de chinezi la începutul secolului al II-lea d.Cr., dar a avut nevoie de peste un mileniu până să ajungă în Europa. Cu toate acestea, hârtia făcută din pulpă lemnoasă este o inovaţie surprinzător de modernă. Până spre sfârşitul secolului al XIX-lea, hârtia se fabrica în principal din pânză de in uzată. Pânza de in este o ţesătură făcută din fibrele plantei care îi dă numele (vezi Capitolul 4); orice plantă

fibroasă poate fi transformată, în principiu, în hârtie: cânepa, urzica, papura şi orice fel de ierburi cu fibră aspră. Dar, pe măsură ce cererea de hârtie a crescut – grăbită, după cum vom vedea, de excesul de cărţi şi de ziare produse de tiparniţe –, au fost căutate alte fibre potrivite. Lemnul reprezintă o sursă grozavă de fibre din care se poate produce hârtie de bună calitate, dar cum să transformi fără un efort excesiv trunchiul gros şi compact de copac într-o pastă fină de fibre moi şi scurte?

Fibrele care fac hârtia să fie atât de uşoară şi de rezistentă sunt alcătuite din celuloză. Celuloza este un compus chimic cu lanţ lung şi are rol de moleculă structurală de bază ce leagă celulele plantei, fiind prezentă mai ales în tulpini şi lăstari (firele zdravene de celuloză sunt cele care îţi rămân între dinţi când mesteci ţelină). În trunchiurile groase de copaci şi de arbuşti, celuloza este însă întărită de o altă moleculă structurală, numită lignină, care leagă laolaltă firele de celuloză şi le transformă în lemn. Această structură furnizează copacului materialul ideal pentru a dezvolta un trunchi central puternic şi ramuri lungi, dând posibilitatea frunzelor să se expună la soare, dar face în acelaşi timp fibrele de celuloză greu accesibile pentru noi.

În mod tradiţional, fibrele din plante se separă

zdrobind tulpinile şi apoi înmuindu-le mai multe săptămâni în apă stătătoare, pentru a permite microorganismelor să înceapă descompunerea structurii. Apoi, tulpinile înmuiate sunt bătute violent pentru a elibera forţat celuloza. Vestea bună este că poţi economisi o grămadă de timp şi de efort alegând o metodă mai eficientă.

Legăturile care fixează celuloza şi lignina din copaci sunt vulnerabile în faţa unui proces de separare chimică cunoscut cu numele de hidroliză. Este vorba despre acelaşi proces molecular întâlnit în cazul saponificării din timpul operaţiunii de făcut săpun şi se obţine în acelaşi fel: cerând ajutorul alcaliilor. Părţile vegetale cele mai potrivite pentru a fi folosite sunt tulpinile plantelor fibroase sau trunchiul şi crengile de copac – rădăcinile şi frunzele nu conţin multe dintre fibrele de celuloză necesare. Aceste părţi vegetale se toacă mărunt, pentru a expune la acţiunea soluţiei o suprafaţă cât mai mare, apoi se cufundă vreme de câteva ore într-o cadă cu soluţie alcalină în clocot Soluţia rupe legăturile chimice care ţin polimerii laolaltă, făcând structura plantei să se înmoaie şi să se desprindă. Ea atacă atât celuloza, cât şi lignina, dar hidroliza ligninei este mai rapidă, fapt care îţi permite să eliberezi fibrele atât de preţioase pentru producerea hârtiei fără ca ele să se deterioreze, în timp ce lignina se

degradează şi se dizolvă. Fibrele scurte de celuloză vor pluti la suprafaţa „supei” de culoare maro-închis, încărcată cu lignină.

Pot fi folosite oricare dintre alcaliile despre care am vorbit în Capitolul 5 – potasa, soda, varul deşi cel mai preferat este varul stins (hidroxid de calciu), care poate fi produs în cantităţi mari prin arderea calcarului, în timp ce potasa se obţine printr-un proces mai laborios din cenuşa de lemn. Dar, după ce vei descifra procesul de sinteză artificială a sodei (vom reveni la acest lucru în Capitolul 11), cea mai bună variantă de obţinere chimică a pulpei lemnoase se va dovedi soda caustică (hidroxidul de sodiu), care ajută puternic procesul de hidroliză. O vei produce direct în cada cu pulpă lemnoasă, amestecând var stins cu sodă.

Colectează fibrele de celuloză într-o sită şi clăteşte-le de mai multe ori, până se curăţă de lignina mai închisă la culoare. În acest punct, pentru a conferi hârtiei un alb imaculat, trebuie să îmbibi pulpa în înălbitor. Poţi folosi pentru asta atât hipoclorit de calciu, cât şi hipoclorit de sodiu – agenţi care se pot obţine prin reacţia clorului gazos (produs prin electroliză din apă de mare – vezi Capitolul 11) cu varul stins, respectiv cu soda caustică. Procesul chimic din spatele efectului de înălbire este oxidarea: se descompun legăturile dintre compuşii coloranţi, iar molecula se distruge sau devine

incoloră. Înălbitul este o operaţiune foarte importantă nu numai în fabricarea hârtiei, ci şi în producerea de textile, aşa că va reprezenta probabil un puternic impuls în dezvoltarea industriei chimice din primele etape ale noii civilizaţii.

Toarnă o cantitate mică din această soluţie vâscoasă de celuloză pe o sită metalică sau pe o pânză întinsă pe o ramă, astfel încât fibrele să formeze, pe măsură ce apa se scurge, un covoraş de formă neregulată. Stoarce restul de apă prin presare, obţinând astfel foi plate şi netede de hârtie, pe care le vei lăsa să se usuce.

Producţia de hârtie la scară mică se va dovedi mai uşoară dacă reuşeşti să recuperezi anumite lucruri din resturile civilizaţiei distruse. Un tocător de lemne sau chiar un blender de bucătărie mai mare, alimentat de un generator, va uşura munca de tocare a materialului vegetal şi de formare a unei supe groase; dar se pot folosi şi mori de vânt sau de apă capabile să furnizeze unor ciocane puterea mecanică necesară zdrobirii materiei prime de care ai nevoie.

În orice caz, producerea de hârtie este doar jumătate din drumul până la posibilitatea de a folosi scrisul pentru a comunica şi a depozita cunoaştere. După ce stilourile civilizaţiei anterioare se vor fi uscat şi vor fi dispărut, va trebui să fabrici o cerneală capabilă să producă text scris.

În principiu, orice lucru care îţi pătează cămaşa de bumbac poate fi folosit drept cerneală improvizată. Poţi să iei, de exemplu, un pumn de fructe de pădure intens colorate, să le zdrobeşti până lasă zeamă, să strecori sucul de pulpă şi să dizolvi în el nişte sare, cu rol de conservant. Problema majoră a celor mai multe dintre cernelurile extrase din plante este că nu sunt permanente. Pentru a lăsa posterităţii cuvintele scrise şi cunoaşterea nou acumulată de proaspăta societate, vei dori o cerneală care să nu se spele de pe foaie şi să nu se decoloreze la soare. Soluţia apărută în Europa medievală este cunoscută sub numele de cerneală ferogalică. De fapt, istoria întregii civilizaţii occidentale a fost scrisă cu cerneală ferogalică. Leonardo da Vinci şi-a făcut însemnările cu ea. Bach şi-a compus concertele şi suitele cu ea. Van Gogh şi Rembrandt au făcut schiţe cu ea. Constituţia Statelor Unite ale Americii a fost lăsată posterităţii tot cu ajutorul ei. Iar o formulă foarte similară cu cea a cernelii ferogalice este larg răspândită în Marea Britanie de azi: cerneala arhivarului, obligatorie la completarea documentelor legale cum sunt certificatele de naştere, de căsătorie sau de deces, foloseşte exact aceeaşi compoziţie chimică.

Aşa cum o dovedeşte şi numele, cerneala ferogalică este compusă din două ingrediente principale: un compus de fier şi un extract de nucă galică (adică

gogoaşă de ristic). Gogoşile de ristic sunt nişte excrescenţe care apar pe crengile unor copaci precum stejarul; ele se formează atunci când viespi parazite îşi depun ouăle în mugurii frunzelor, iritând copacul şi făcându-l să formeze un înveliş în jurul lor. Gogoşile de ristic sunt bogate în acid tanic, care reacţionează cu sulfatul de fier obţinut în urma dizolvării fierului în acid sulfuric. După ce este amestecată, cerneala ferogalică este practic incoloră, trebuind să i se adauge pigment din plante. Dar, prin expunere la aer, compusul de fier din amestec se oxidează, iar cerneala devine de un negru intens şi rezistent.

Desigur, poţi confecţiona şi un stilou rudimentar conform vechilor procedee. Cufundă o pană de pasăre în apă fierbinte (de-a lungul istoriei, s-au preferat penele de gâscă sau de raţă), apoi extrage materialul din cotor. Ascute-i vârful, tăind cotorul pe o latură, apoi pe cealaltă, apoi taie-l pe dedesubt, ca să-i dai o curbură fină şi să semene cu un vârf clasic de peniţă. O mică despicătură în vârful ascuţit va face condeiul să păstreze puţină cerneală în timp ce scrii, fără să mai fie nevoie să-l introduci neîncetat în călimară.

Tiparul

Dacă scrisul poate fi considerat descoperirea

fundamentală ce permite păstrarea şi acumularea durabilă de idei, atunci presa tipografică reprezintă instrumentul tehnic de multiplicare rapidă şi de răspândire eficientă a gândirii umane. În zilele noastre, lumea civilizată se laudă cu o alfabetizare aproape integrală şi se tipăresc în fiecare zi circa 45 de miliarde de pagini: cărţi, ziare, reviste, broşuri.

Dacă ai vrea să reproduci un document fără tiparniţă, ai avea nevoie de o echipă harnică de scribi, care să-l copieze de mână vreme de săptămâni în şir. Numai cei puternici şi bogaţi şi-ar permite un astfel de efort, ceea ce înseamnă că ar apărea doar textele aprobate sau susţinute de ei. Odată cu apariţia presei tipografice, are loc o adevărată democratizare a cunoaşterii. Nu numai că aceasta este accesibilă oricărui membru al societăţii, dar orice om îşi poate răspândi ideile uşor – de la noi teorii ştiinţifice până la ideologii politice radicale –, încurajând dezbaterile şi promovând schimbarea.

Principiul de bază al tipăririi este recrearea unei pagini scrise de mână prin intermediul unor şiruri de caractere – blocuri cubice care au fiecare câte o literă reliefată pe faţa superioară – aranjate într-un cadru dreptunghiular. Caracterele sunt trecute prin cerneală şi apoi sunt presate pe o foaie de hârtie. Acelaşi cadru cu literele culese şi aranjate poate fi imprimat ori de câte ori este nevoie, pentru ca apoi literele să fie pur şi

simplu rearanjate pentru a forma o altă pagină de text. Chiar şi presele tipografice rudimentare pot reproduce un document de sute de ori mai repede decât un copist.

Pentru a reînvia presa cu caractere mobile, inventată de Johannes Gutenberg în Germania secolului al XV-lea[36], eşti nevoit să treci peste trei mari provocări. Trebuie să găseşti un mod simplu de a produce un număr mare de caractere precis dimensionate. Trebuie să concepi un mecanism care să exercite o presiune uniformă asupra caracterelor ce intră în contact cu pagina. În al treilea rând, trebuie să inventezi un nou tip de cerneală, care să nu se scurgă de pe detaliile metalice complexe ale literelor.

Prima provocare o constituie materialul pe care-l vei folosi pentru fabricarea caracterelor. Lemnul poate fi cioplit uşor, dar pentru realizarea individuală a fiecărui caracter ar fi nevoie de munca sârguincioasă a unui meşteşugar înzestrat, care ar fi nevoit să facă în jur de

---

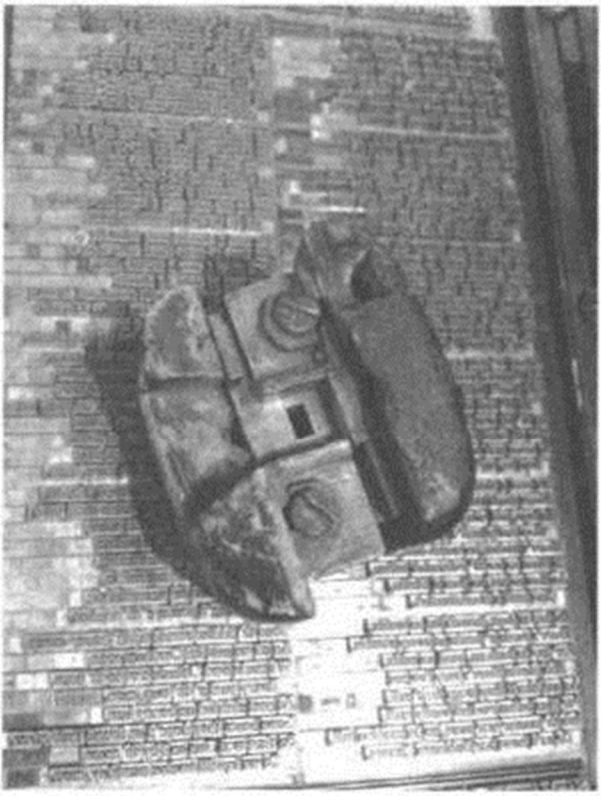
[36] Chinezii au inventat hârtia cu aproape o mie de ani înainte ca aceasta să se răspândească în Europa şi au tipărit texte folosind caractere cioplite în lemn, dar de ce n-au făcut niciodată pasul spre o presă tipografică cu caractere mobile, în genul celei inventate de Gutenberg? Motivul ar fi diferenţa fundamentală dintre tipul de scris european şi cel orientaL Scrisul occidental se bazează pe un număr redus de litere, aranjate în combinaţii care alcătuiesc cuvinte diferite, în timp ce scrisul chinezesc este compus dintr-un număr enorm de caractere complexe, fiecare simbolizând un lucru sau un concept particular. Apariţia inovaţiei lui Gutenberg a fost favorizată de rearanjarea simplă a literelor occidentale.

optzeci de corpuri de literă (litere mici şi mari, cifre, semne de punctuaţie şi alte simboluri comune), care ar trebui ulterior copiate identic în mai multe exemplare. Iar toată această muncă ar fi necesară pentru un singur ansamblu de caractere, de o singură mărime şi într-un singur stil grafic.

Aşadar, pentru a produce în masă cărţi tipărite, trebuie să fabrici mai întâi uneltele pentru tipar. Acest lucru se poate face prin stereotipare, care permite realizarea unor blocuri de literă identice prin intermediul metalului topit Gutenberg şi-a dat seama că, pentru a obţine blocuri de literă cu muchii perfect netede şi drepte, care să se potrivească foarte bine pe rânduri, trebuie să le toarne într-o formă de metal cu interior paralelipipedic. Forma precisă a fiecărei litere poate fi obţinută în partea de jos a blocului, prin poziţionarea unei matriţe înlocuibile la capătul inferior al formei de turnare. Matriţele respective se pot face dintr-un metal moale, precum cuprul, aspectul precis al literei fiind obţinut cu un poanson dur de oţel. Nu îţi mai rămâne decât să gravezi fiecare literă, cifră sau simbol pe diferite poansoane, apoi poţi produce nenumărate piese identice.

O ultimă provocare o constituie natura literelor occidentale, şi anume talia lor atât de diferită: „i” şi „l” sunt zvelte în comparaţie cu rotundul „O” şi lăţăreţul

„W”. Astfel, pentru a obţine un text uşor de citit, literele trebuie să se succeadă fără să rămână spaţii largi în jurul caracterelor mai subţiri. În consecinţă, trebuie să poţi turna blocuri de literă paralelipipedice cu aceeaşi înălţime, ca să se poată imprima uniform pe pagină, dar fiecare având o lăţime diferită.



Formă pentru turnarea caracterelor. Matriţa ce conţine amprenta literei este aşezată sub cavitatea centrală.

Soluţia o reprezintă sistemul elegant gândit de Gutenberg pentru producerea în masă a blocurilor de

literă. Forma de turnare se face din două jumătăţi oglindite, în formă de L, aşezate una în faţa celeilalte, astfel încât să creeze între ele un spaţiu paralelipipedic. Pereţii acestei cavităţi pot aluneca, apropiindu-se sau depărtându-se unul de celălalt, ajustând uşor lăţimea formei, dar fără a-i schimba înălţimea sau adâncimea. (Încearcă să faci acest lucru cu degetul mare şi arătătorul de la fiecare mână şi vei vedea cât de ingenios este acest sistem.) Turnarea unei litere perfecte devine astfel foarte simplă şi constă în plasarea matriţei corespondente în partea inferioară a formei, stabilirea lăţimii potrivite, turnarea metalului topit şi apoi scoaterea piesei după ce s-a întărit prin îndepărtarea celor două jumătăţi în formă de L.

După alcătuirea unei pagini de text, caracterele sunt trecute prin cerneală şi apoi sunt aplicate pe o foaie albă de hârtie. Există mai multe instrumente mecanice care uşurează aplicarea forţei necesare pentru imprimare, printre care un braţ care acţionează o pârghie sau un sistem de troliuri, ambele folosite de-a lungul istoriei şi pentru eliminarea excesului de umezeală în procesul de producere a hârtiei. Gutenberg a crescut într-o regiune viticolă din Germania, aşa că a adaptat la invenţia sa revoluţionară un alt dispozitiv din vechime. Presa cu şurub, o tehnologie romană ce datează din secolul I d.Cr., a fost

în mare parte folosită la stoarcerea strugurilor sau a măslinelor. Aceasta reprezintă, de asemenea, mecanismul compact ideal pentru a exercita o presiune fermă şi uniformă asupra a două plăci, apăsând cu eficienţă caracterele pe suprafaţa paginii. Această componentă de bază a tiparului supravieţuieşte şi în zilele noastre în numele de „presă", atribuit ziarelor şi, prin extensie, ziariştilor.[37]

Nu este absolut necesar ca hârtia să existe înaintea presei de tipărit, întrucât tehnica funcţionează şi pe suport de pergament făcut din piele de viţel (dar nu şi pe foile de papirus, mult mai sfărâmicioase). Dar, fără o producţie de hârtie în masă cărţile tipărite n-ar fi putut ajunge niciodată suficient de ieftine pentru populaţia generală iar potenţialul lor revoluţionar ar fi fost limitat drastic. În cazul în care cartea pe care o ai acum în mână ar fi fost tipărită pe pergament, în acelaşi format tipografic ca prima Biblie a lui Gutenberg, fiecare

---

[37] Dacă anticipezi că vei retipări textul respectiv în viitor - de exemplu, vei avea nevoie de tiraje ulterioare ale unui tratat important -, poţi scăpa de efortul de a aranja din nou mii de litere individuale păstrând configuraţia paginii. Blocurile de literă propriu-zise sunt prea valoroase ca să fie lăsate în ramă, dar poţi face un mulaj în ipsos al textului cules pentru a-l folosi ulterior în obţinerea unei plăci de metal cu toată pagina. De aici vine sensul iniţial al cuvântului „stereotip". Alt nume dat stereotipului este „clişeu", aparent după sunetul pe care îl face în timpul turnării - deci a folosi un clişeu înseamnă a relua un bloc de text deja tipărit.

exemplar ar fi avut nevoie de pielea a aproape 48 de viţei.

O tipărire reuşită se bazează şi pe o cerneală adecvată. Cele pe bază de apă produse pentru scris (precum cerneala ferogalică) sunt complet nepotrivite în domeniul tipografiei. Pentru a imprima litere cu contururi clare este nevoie de o cerneală vâscoasă, care să adere bine pe trăsăturile detaliate ale literelor metalice şi să se transfere curat pe hârtie, fără să se întindă sau să se scurgă. Gutenberg a rezolvat această problemă împrumutând o tehnică care tocmai începea să se dezvolte printre artiştii renascentişti: folosirea vopselelor în ulei.

Atât egiptenii, cât şi chinezii au dezvoltat în acelaşi timp (cu circa 4500 de ani în urmă) o cerneală neagră bazată pe funingine.

Particulele minuscule de carbon din funingine formează un pigment negru perfect atunci când sunt amestecate cu apă şi cu un agent de îngroşare de tipul gumei arabice sau al gelatinei (clei de origine animală – vezi Capitolul 5). Aceasta este compoziţia cernelii de China, populară şi astăzi printre artişti. Materia primă din care se fabrică tonerul fotocopiatoarelor şi imprimantelor laser moderne are la bază acelaşi tip de particule de carbon. Funinginea poate fi obţinută din fumul rezultat la arderea uleiurilor, cunoscut sub

numele de negru de fum, precum şi prin carbonizarea unor materiale organice, precum lemnul, osul sau gudronul.

Deşi pigmenţii din negru de carbon se pot lăuda cu o moştenire îndelungată, cerneala de China, chiar dacă este îngroşată cu gumă sau gelatină, nu este potrivită pentru tipar; este nevoie de o cerneală cu o vâscozitate şi un regim de uscare complet diferite. Gutenberg a împrumutat tehnici folosite chiar la începutul picturii renascentiste în ulei. Negrul de fum amestecat cu ulei de in sau de nucă se usucă cu uşurinţă şi aderă la literele de metal mult mai bine decât o cerneală bazată pe apă. (Uleiul de in trebuie procesat înainte de utilizare: se fierbe şi se curăţă de mucilagiul lipicios care se adună deasupra.) Vâscozitatea cernelii se poate controla cu ajutorul altor două ingrediente: terebentina şi răşina Terebentina este un solvent folosit la subţierea vopselelor pe bază de ulei, care se obţine din distilarea răşinii culese de pe pini sau alte conifere. Pe de altă parte, răşina solidificată şi dură care rămâne după ce produşii volatili au fost îndepărtaţi prin distilare va îngroşa cerneala. Potrivind proporţia acestor două substanţe cu proprietăţi contrare, se poate obţine o cerneală cu vâscozitate bună, căreia i se poate controla, comportamentul de uscare variind cantitatea uleiurilor de nucă şi de in.

Într-o civilizaţie incipientă, tiparul poate reproduce şi multiplica rapid cunoaşterea, iar comunicarea la distanţă se poate realiza trimiţând mesaje scrise. Dar dacă vei putea comunica la mare distanţă cu ajutorul electricităţii, fără a mai fi nevoit să transporţi mesajul în mod fizic?

Comunicaţiile electrice

Electricitatea este un lucru minunat: se propagă instantaneu printr-un fir întins special şi produce la distanţă un efect observabil prin simpla acţionare a unui întrerupător – de exemplu, aprinde un bec în altă cameră. Dar pentru a comunica eficient între clădiri, oraşe sau chiar continente nu este suficient un simplu circuit capabil să aprindă becul. Duşmanul tău aici este rezistenţa, această mare consumatoare de energie, motiv pentru care, la o distanţă considerabilă, nu va mai rămâne suficientă tensiune nici măcar pentru a aprinde un bec. Un electromagnet bun, construit aşa cum am văzut în Capitolul 8, va genera însă un câmp magnetic apreciabil chiar şi pornind de la un curent slab. Pune-i la capăt o tijă de metal bine echilibrată şi vei avea un întrerupător foarte sensibil, care poate acţiona o sonerie atunci când electromagnetul primeşte energie. O sonerie acţionată de un releu la ambele

capete ale unui fir lung de telegraf va permite unor operatori de la distanţă să audă când altă persoană trimite curent.

Mesajele pot fi trimise literă cu literă, asociindu-i fiecărei litere o combinaţie de emisii scurte sau lungi de curent – puncte şi linii. Nu i nevoie decât să te pui de acord cu persoana de la celălalt capăt al firului de telegraf asupra felului în care vei reprezenta fiecare literă a alfabetului, apoi vei putea trimite primul mesaj postapocaliptic pe cablu. Nu prea contează cum te organizezi: dacă ai grijă să concepi un sistem de codare rapid şi fiabil, probabil că vei ajunge să reinventezi ceva asemănător codului Morse. În acest sistem, literele cele mai folosite din alfabetul englez sunt reprezentate în formele cele mai simple: E este un singur punct, T este o singură linie, A este punct-linie, iar I este punct-punct.

Staţii releu aşezate la distanţe potrivite vor amplifica curentul pentru următoarea secţiune de cablu, permiţând astfel comunicarea telegrafică pe tot globul. Dar instalarea şi întreţinerea cablurilor de-a lungul continentelor şi pe fundul oceanelor este dificilă. Există oare o modalitate mai bună? Ai putea comunica folosindu-te de electricitate, dar fără bătaia de cap pe care o presupun firele necesare pentru transportul curentului?

Să studiem mai atent relaţia de tip *yin-yang* care există între electricitate şi magnetism. Dacă un câmp electric variabil poate genera un câmp magnetic, iar un câmp magnetic variabil poate induce la rândul său un câmp electric, atunci ar trebui să poţi crea o undă de energie capabilă să se perpetueze singură. Într-adevăr, astfel de unde electromagnetice se propagă chiar şi în condiţii de vid perfect, în care nu le transportă niciun fel de materie (spre deosebire de undele sunetului sau apei): electricitatea şi magnetismul se combină pentru a traversa universul asemenea unor fantome.

Razele aurii de soare care intră pe fereastra mea nu sunt nici ele altceva decât o îngemănare de câmpuri electrice şi magnetice. De fapt, absolut tot, de la aparatele cu raze X, cabinele de bronzat cu ultraviolete, camerele cu vedere nocturnă infraroşie, cuptoarele cu microunde până la radar, radio, transmisiile de televiziune şi – expresia supremă a vieţii moderne – semnalul Wifi la care m-am conectat cu laptopul, se bazează pe diferite forme de lumină. Spectrul electromagnetic este alcătuit dintr-o bandă largă de unde cu diferite frecvenţe şi se întinde de la radiaţiile gama extrem de încărcate cu energie până la undele radio; indiferent de natura lor, toate se propagă cu viteza luminii.

Pe noi ne interesează aici undele radio. Nu numai că

ele sunt relativ simplu de produs şi de captat, dar pot şi transporta informaţii pe distanţe mari. Ceea ce vei dori să recuperezi ca mijloc de comunicare pe scară largă este tehnologia emisiei şi recepţiei radio.

Să începem cu sarcina ceva mai uşoară a construirii unui radioreceptor. Atârnă de un copac un cablu lung, cu capătul de jos curăţat de orice izolaţie şi înfipt în pământ. Aceasta este antena, iar fluctuaţia rapidă a câmpurilor electromagnetice ale oricăror unde radio care trec prin ea va face electronii din metal să circule în sus şi în jos prin cablu, deci să inducă curent alternativ. Dar pentru a auzi ceva în căşti va trebui să descoperi o modalitate de a păstra fie partea pozitivă, fie partea negativă a undei, eliminând cealaltă jumătate.

Acest lucru îl poate face orice material care permite trecerea electricităţii numai într-o singură direcţie, blocându-i fluxul invers şi reuşind să „redreseze" curentul alternativ într-o serie de impulsuri de curent continuu. Din fericire, multe tipuri de cristale au această proprietate minunat de utilă. Bisulfitul de fier, cunoscut şi sub numele de „aurul nebunilor" datorită aspectului său înşelător, funcţionează bine în acest sens şi este uşor de găsit. Un alt mineral folosit la rândul său în fabricarea radiourilor este galena sau sulfura de plumb, care se găseşte în zăcăminte naturale mari peste tot în lume şi a fost extrasă de-a lungul istoriei pentru a

face ţevi, acoperişuri de biserici, plumbi de muschetă şi baterii reîncărcabile plumb-acid.

Cristalul se conectează la circuitul antenei punându-i într-un suport de metal şi făcând un al doilea contact prin intermediul unei sârme subţiri numite „mustaţă”. Redresarea se produce la conexiunea dintre cristal şi punctul de contact, dar efectul este aproximativ, iar găsirea locului potrivit prin încercare şi eroare cere răbdare. Cu toate acestea, chiar şi în absenţa unei transmisii de origine umană, acest montaj rudimentar ţi-ar putea permite să recepţionezi emisii radio din surse naturale, cum sunt furtunile cu fulgere. De fapt, există un tip de radioemiţător rudimentar – generatorul cu scântei – care funcţionează exact pe sistemul creării rapide a unei serii de descărcări electrice artificiale.

Acest tip de generator lasă un mic spaţiu într-un circuit electric de voltaj mare, astfel încât să poată fi traversat de o succesiune de scântei. Fiecare descărcare eliberează un flux de electroni de-a lungul antenei şi emite o scurtă explozie de unde radio. Dacă circuitul emiţătorului produce mii de scântei pe secundă, generând o suită rapidă de impulsuri radio, în căştile receptorului se va auzi un bâzâit. Dacă se introduce un întrerupător în partea de joasă tensiune a transformatorului care alimentează generatorul, astfel încât să se poată controla când circuitul este activ şi

transmite unde radio, mesajul se poate coda sub formă de linii şi puncte.

În mod ideal, vei dori să transmiţi sunet prin intermediul undelor radio, permiţând astfel purtarea de discuţii între radioamatori individuali sau transmiterea de informaţii unui auditoriu extins. Dacă folosirea codului Morse presupune, în forma sa cea mai simplă, generarea intermitentă a unor unde radio, pentru a transmite sunet este nevoie de o manipulare mai rafinată, cunoscută drept modulaţie a undei purtătoare. Cea mai simplă variantă, numită modulaţie în amplitudine (AM), permite varierea treptată a intensităţii undei purtătoare, astfel încât contururile mai domoale ale undei acustice să se ancoreze de vârful fluctuaţiilor frenetice ale undei radio. Din fericire, detectorul cu cristal reuşeşte admirabil să „demoduleze" semnalul din receptor. Comportamentul unidirecţional al circuitului cu cristal, asociat cu efectul nivelator al unui condensator, înlătură unda purtătoare de înaltă frecvenţă, lăsând să treacă vocea crainicului sau muzica.

Cu excepţia cazului în care ai un singur emiţător de mare putere în apropiere, semnalul pe care îl auzi cu acest radio rudimentar va fi un amestec indescifrabil de staţii: antena recepţionează şi comunică în căşti o multitudine de transmisii aflate la frecvenţe diferite ale

undei purtătoare. Adăugarea câtorva componente suplimentare la dispozitivul electronic iniţial îţi va permite să calibrezi aceste transmisiuni radio. Acordarea ameliorează eficacitatea unui emiţător radio prin comprimarea energiei emise într-o frecvenţă radio cu un interval îngust, în vreme ce un receptor acordat alege din cacofonia spectrului radio doar frecvenţa de transmisie care te interesează.

După cum am văzut, o undă radio este în esenţă o oscilaţie, iar câmpurile electric şi magnetic care o compun alternează cu un anumit ritm sau frecvenţă, asemenea pendulului unui ceas. Prin urmare, pentru a acorda un emiţător sau un receptor radio este nevoie să adaugi un circuit care oscilează electric cu un anumit ritm şi opune rezistenţă altor frecvenţe foarte apropiate. Ceea ce înseamnă că trebuie să exploatezi puterea rezonanţei.

Ca să-ţi faci o idee mai clară, imaginează-ţi că un copil care se dă în leagăn oscilează înainte şi înapoi cu o frecvenţă specifică, exact ca un pendul. Dacă îl împingi câte puţin, la intervale potrivite, copilul se va balansa din ce în ce mai sus. Dar, dacă îl împingi în alt ritm decât frecvenţa lui de rezonanţă, nu vei obţine nimic.

Un circuit oscilator elementar care pulsează cu un ritm stabilit se poate construi folosind o combinaţie elegantă între un condensator şi un inductor. Un

condensator este alcătuit din două plăci metalice aşezate faţă în faţă, între care se află un strat izolator. Orice tensiune care trece prin dispozitiv face ca electronii să se acumuleze pe una dintre plăci, până când aceasta devine atât de încărcată negativ, încât nu se mai poate primi niciun electron. Un condensator are rolul de mijloc de stocare a sarcinii electrice, pe care o poate elibera apoi într-un flux brusc, ca într-un bliţ de aparat fotografic. Dacă o bobină de inducţie este în esenţă un electromagnet, un inductor nu se limitează la atragerea obiectelor de metal. Aşa cum rezistenţa se opune trecerii fluxului electric, inductorul se opune oricărei schimbări în fluxul electric. Condensatorul şi inductorul pot avea rol de rezerve realimentabile de energie electrică: condensatorul sub formă de câmp electric format între plăcile sale de metal, inductorul sub formă de câmp magnetic care înconjoară spirele. Leagă aceste componente unul de celălalt, şi circuitul în buclă va prinde viaţă în mod miraculos.

Atunci când condensatorul încărcat de electroni îşi descarcă încărcătura înmagazinată, forţează curentul să treacă prin circuit şi să traverseze inductorul, generând un câmp magnetic până la egalizarea tensiunii din cele două plăci. În acel moment, câmpul magnetic din jurul inductorului începe să scadă, dar, în timp ce se petrece asta, câmpul tot mai mic străbate bobina şi induce un

curent în spirele ei (efectul de generator), continuând să pompeze electroni spre cealaltă placă a condensatorului – în mod uimitor, câmpul magnetic tot mai scăzut susţine temporar însuşi curentul electric care l-a creat în momentul în care câmpul inductorului a ajuns la zero, placa opusă a condensatorului s-a încărcat la maximum şi împinge curentul în direcţia opusă, făcându-l din nou să treacă prin bobină.

În felul acesta, curentul electric circulă înainte şi înapoi între condensator şi inductor, fiind transformat în mod repetat din câmp electric în câmp magnetic şi invers, ca un pendul care ar oscila de mii de ori pe secundă – totul petrecându-se la nivelul frecvenţelor radio.

Frumuseţea acestui circuit oscilant dezarmant de simplu este că pulsează doar la frecvenţa lui naturală şi se împotriveşte oricăror altor frecvenţe. Frecvenţa rezonantă a circuitului se poate schimba, acordând din nou emiţătorul şi receptorul, prin schimbarea caracteristicii uneia dintre cele două componente. Cel mai uşor de ajustat este condensatorul: rotirea celor două plăci metalice în formă de D modifică suprafaţa de suprapunere şi sarcina pe care o pot înmagazina. Butonul de acord al unui aparat de radio vechi era deseori conectat la un condensator variabil aparţinând circuitului oscilant. Emiţătoarele şi receptoarele

moderne pot fi acordate atât de fin, încât spectrul radio a ajuns să fie feliat la fel de subţire precum şunca dintr-un magazin de delicatese, făcând astfel posibile nenumărate aplicaţii: posturi comerciale de radio şi televiziune, semnale GPS, comunicaţii de urgenţă, controlul traficului aerian, telefoanele mobile, dispozitive Wifi şi Bluetooth cu rază scurtă de acţiune, jucării cu telecomandă şi aşa mai departe. De fapt, emiţătoarele cu scânteie au devenit astăzi ilegale din cauza forţei brute ce le caracterizează: emisiile lor tind să mânjească spectrul radio şi să bruieze regiuni întregi din apropiere.

Alte elemente esenţiale pentru transmisiile radio sunt microfonul, care transformă undele sonore în variaţii de tensiune în circuitul emiţător, şi căştile sau difuzoarele, care retransformă semnalele electrice recepţionate. De fapt, microfoanele şi căştile sunt structural identice. Amândouă conţin o diafragmă care vibrează liber fie ca să creeze, fie ca să reacţioneze la undele sonore, fixată de o bobină care se mişcă deasupra unui magnet, astfel încât ambele dispozitive exploatează aceleaşi efecte electromagnetice reversibile care fac posibile motoarele şi generatoarele.

O variantă mult mai sensibilă a acestui dispozitiv poate fi construită folosind un cristal piezoelectric, ce are strania proprietate de a genera tensiune electrică

atunci când este comprimat. De o astfel de cască sensibilă cu cristal este nevoie pentru a auzi semnalul slab al unui receptor radio cu „mustaţă”. Rezultate bune se obţin cu tartratul de sodiu şi potasiu (sau „sarea Rochelle”, după numele localităţii în care un farmacist a creat prima oară compusul). Această sare se poate prepara amestecând soluţii fierbinţi de carbonat de sodiu şi bitartrat de potasiu (cunoscut popular sub numele „cremă de tartru” sau „tartar”), ce poate fi adunat sub formă de cristale din butoaiele în care fermentează vinul.

Putem fi încrezători că o civilizaţie aflată la început de drum va putea recupera rapid comunicaţiile radio pornind de la zero, chiar dacă nu va cunoaşte ecuaţiile complexe ale electromagnetismului şi nu va putea să fabrice componente electronice precise. Istoria recentă are astfel de exemple.

În timpul celui de-al Doilea Război Mondial, atât soldaţii din linia întâi, cât şi cei închişi în lagărele de prizonieri de război au construit radiouri improvizate ca să asculte muzică sau ştiri despre efortul de război. Aceste dispozitive ingenioase ne arată varietatea de materiale ce pot fi folosite pentru a construi un radio funcţional. Antenele erau deghizate sub formă de sârme de rufe, uneori fiind folosite în acest scop chiar şi gardurile de sârmă ghimpată. Ţevile de apă rece din

lagăr ofereau o împământare bună a circuitului. Inductorii erau făcuţi din sârmă înfăşurată în jurul tuburilor de carton ale sulurilor de hârtie igienică, iar firele de împământare erau izolate cu ceară de lumânări sau, în lagărele japoneze, cu o pastă făcută din ulei de palmier şi făină. Condensatorii pentru circuitul de acord erau improvizaţi din folii de staniol sau bucăţi de hârtie argintie din interiorul pachetelor de ţigări, dispuse alternativ cu bucăţi de hârtie de ziar pe post de strat izolator; dispozitivul plat care se obţinea astfel era apoi înfăşurat ca o ruladă, pentru a-l face mai compact.

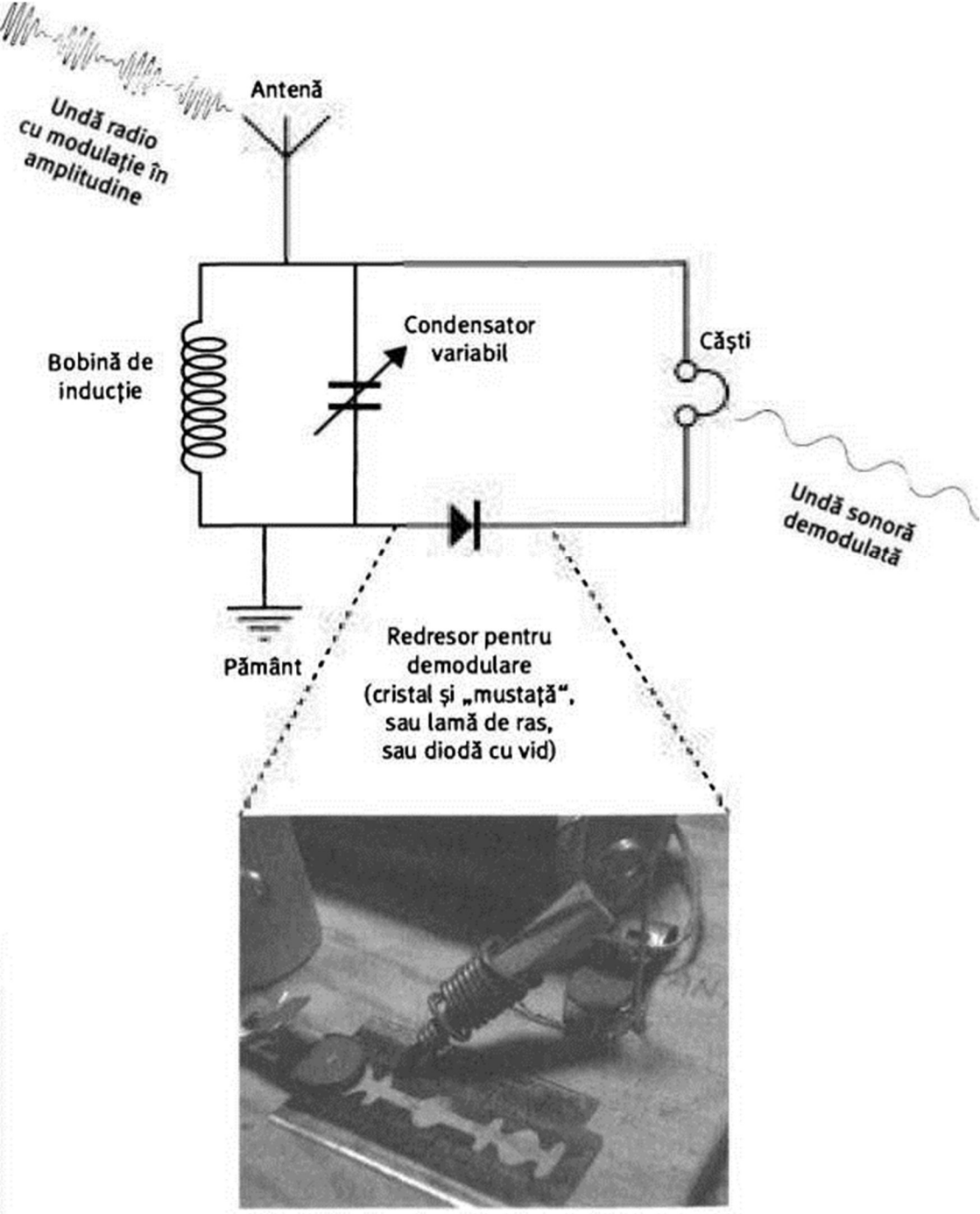
Casca era mai greu de improvizat, fiind deseori recuperată de la vehiculele stricate. Alternative rudimentare au fost construite înfăşurând sârmă în jurul unui cui, lipindu-i un magnet la capăt şi aşezând peste sârmă un capac de conservă, astfel încât să vibreze la primirea semnalului.

Poate că cea mai ingenioasă improvizaţie a fost confecţionarea indispensabilului redresor, necesar pentru demodularea semnalului audio din unda purtătoare. Pe câmpul de luptă nu se puteau găsi cristale de genul piritei sau galenei, dar s-a descoperit că pot fi folosite tot atât de bine lame de ras ruginite şi piese de cupru corodate. Lama era fixată de o bucată de lemn, lângă un ac de siguranţă dispus vertical. Un

creion ascuţit de grafit era legat ferm de vârful acului de siguranţă (deseori înfăşurându-l strâns cu sârmă), iar elasticitatea braţului făcea acul să funcţioneze ca „mustaţă”, permiţând ajustări fine ale grafitului pe suprafaţa oxidată de metal, până se găsea un circuit redresor optim.

Radiourile cu cristal (asemenea dispozitivelor bazate pe rugină şi grafit) sunt minunate în simplitatea lor şi nu au nevoie să fie legate la vreo sursă de curent, întrucât îşi obţin energia necesară funcţionării din însăşi unda radio receptată. Numai că redresorul cu „mustaţă” nu este un instrument fiabil, aşa că dispozitivele cu cristal nu pot produce decât un sunet foarte slab. Soluţia acestei probleme – şi o tehnologie deschizătoare de drumuri pentru o întreagă serie de alte aplicaţii avansate – este producerea unei diode cu vid, un dispozitiv strâns legat de o altă caracteristică a civilizaţiei moderne: becul.

Asemenea unui bec, o diodă cu vid este alcătuită dintr-un filament din metal închis într-un balon de sticlă. Pe lângă asta, filamentul este înconjurat de o placă de metal, iar interiorul recipientului de sticlă este vidat la o presiune foarte joasă. Când filamentul se încălzeşte până la incandescenţă, electronii se desprind de metal şi formează în jurul filamentului un nor



Schema electrică a unui radioreceptor rudimentar (sus) şi un redresor fabricat pe baza unei lame de ras, des întâlnit la radiourile din lagărele de prizonieri de război (jos).

încărcat electric. Acesta este cunoscut sub numele de emisie termoionică şi permite funcţionarea aparatelor cu raze X, a lămpilor fluorescente şi a televizoarelor sau vechilor monitoare de calculator. Prin dispozitiv începe să circule curent atunci când sarcina pozitivă a plăcii metalice o depăşeşte pe cea a filamentului, aceasta atrăgând apoi electroni eliberaţi. Curentul respectiv nu poate să circule niciodată şi în sens invers, deoarece placa de metal nu este încălzită şi nu cedează electroni, astfel încât o diodă (numele vine de la cei doi electrozi sau contacte metalice) se comportă ca o supapă, permiţând trecerea curentului doar într-o singură direcţie. Folosind principii foarte diferite ale fizicii, această supapă termoionică dă dovadă de o funcţionalitate identică celei a redresoarelor cu cristal, putând fi folosită fără alte modificări în construirea radioreceptoarelor. Dar inovaţia crucială, care a făcut loc unor posibilităţi complet noi, a apărut în urma unei mici ajustări.

Dacă iei o diodă cu vid standard şi îi adaugi între filament şi placa de metal o spirală sau o plasă de sârmă (numită grilă), vei obţine ceva fantastic. Acest dispozitiv, numit triodă datorită celor trei elemente care-l compun, poate influenţa curentul care trece prin tub modificând tensiunea din plasă. Dacă în grila de control se introduce o tensiune uşor negativă, ea începe

să respingă electronii emişi de filament, împiedicându-i să mai ajungă la placa de metal; dacă tensiunea se măreşte şi mai mult, fluxul de electroni este şi mai restricţionat – ca atunci când strângi între degete un pai ca să controlezi debitul de lichid ce poate fi băut. Trioda îţi permite să foloseşti o tensiune pentru a controla o alta. Însă acest dispozitiv este cu adevărat genial prin faptul că variaţii minuscule ale tensiunii de intrare de la nivelul grilei pot provoca variaţii mari în tensiunea de ieşire. În felul acesta, ai amplificat semnalul de intrare.

Această funcţie, imposibil de realizat în cazul receptoarelor cu cristal, se poate folosi pentru a amplifica un semnal slab, astfel încât difuzoarele să umple încăperea cu sunet. Îţi permite de asemenea să generezi o oscilaţie electrică cu frecvenţă de undă pură, perfectă pentru o undă purtătoare cu bandă îngustă, imprimându-i astfel o bună modulaţie sonoră. Toate acestea sunt dispozitive esenţiale pentru comunicaţiile radio, însă tuburile electronice pot fi folosite şi ca întrerupătoare, fiind mult mai rapide decât cele acţionate mecanic. Alcătuirea unei reţele mari de tuburi electronice, astfel încât întrerupătoarele să se controleze reciproc, permite efectuarea unor calcule matematice şi chiar construirea unor calculatoare

electronice complet programabile[38].

Chimia avansată

„Nu m-ar deranja dacă cultura de consum ar dispărea peste noapte, pentru că atunci ne-am afla toţi în aceeaşi barcă şi viaţa n-ar fi aşa de rea, văzându-ne de propriile găini şi de propriul feudalism. Dar, dacă, în timp ce avem cu toţii picioarele pe pământ, purtăm zdrenţe şi creştem porci prin magazine abandonate, m-aş uita în sus la cer şi aş vedea un avion cu reacţie... mi-aş ieşi din minţi. Ori se întoarce toată lumea în Evul Mediu, ori nu se întoarce nimeni."

Douglas Coupland, *Shampoo Planet*

Pe parcursul acestei cărţi, am discutat câteva metode simple de transformare a unei substanţe în alta. Deşi astfel de transformări, ce dau naştere unor produse cu aspect foarte diferit, pot părea magice la început, cu puţin efort vei ajunge să înţelegi comportamentul

---

[38] Componentele electronice modeme au depăşit nivelul diodelor însetate de energie şi exploatează acum proprietăţile materialelor semiconductoare: redresoarele cu supapă sunt înlocuite de diode semiconductoare, iar capacitatea diodei de a controla tensiunea este reprodusă în prezent de tranzistorul din siliciu. Telefonul mobil din buzunarul meu conţine *miliarde* de tranzistori, care corespund tot atâtor diode minuscule.

diferitelor produse chimice, să identifici tipare ale felului în care interacţionează unele cu celelalte, să prevezi rezultatul unei reacţii şi, în cele din urmă, să foloseşti cunoaşterea acumulată pentru a obţine ceea ce doreşti prin controlul unei serii complexe de operaţii chimice.

Într-o secţiune ulterioară din acest capitol, vom vedea în ce fel o civilizaţie mai avansată, care a ajuns la o anumită stabilitate după mai multe generaţii, va putea folosi procese industriale mai complexe pentru a-şi asigura necesităţile – mai ales că metodele rudimentare de producere a sodei, despre care am vorbit deja, sunt valabile până la un punct. Dar să vedem mai întâi cum poate o societate emergentă să se folosească de curentul electric pentru a obţine unele produse esenţiale şi pentru a explora surprinzătoarea alcătuire a lumii chimice.

Am văzut cum stăpânirea producţiei şi distribuţiei de electricitate oferă o sursă fantastică de energie pentru multe dintre activităţile indispensabile civilizaţiei postapocaliptice, făcând posibilă totodată comunicarea pe distanţe mari. Prima utilizare a electricităţii din istorie, pe care o vei considera inestimabilă în procesul iniţial de refacere a societăţii, o reprezintă descompunerea compuşilor chimici sub acţiunea curentului electric în scopul de a elibera elementele lor

componente: electroliza.

De exemplu, dacă treci un curent electric printr-o soluţie de apă sărată (clorură de sodiu), la nivelul electrodului negativ vei obţine hidrogen gazos, rezultat din descompunerea moleculelor de apă, iar la electrodul pozitiv, clor gazos. Hidrogenul poate fi folosit pentru umflarea dirijabilelor şi este ingredient de bază în procesul Haber-Bosch (la care vom reveni mai târziu în acest capitol), în timp ce clorul este util pentru fabricarea înălbitorilor necesari în producţia de hârtie şi de textile, aşa cum am văzut în Capitolul 4. Dacă eşti ceva mai priceput, vei reuşi să extragi şi hidroxidul de sodiu (soda caustică) care se adună în electrolit, substanţă ce poate fi folosită pe post de alcaliu. Electroliza apei pure (cu un mic adaos de hidroxid de sodiu, care să ajute la trecerea curentului electric) va elibera oxigen şi hidrogen.

Aluminiul poate fi şi el extras cu uşurinţă din minereu cu ajutorul electrolizei – este prea reactiv pentru a fi topit folosind cărbune de lemn sau cocs. Fiind cel mai întâlnit metal din scoarţa terestră, aluminiul este o parte componentă a unuia dintre primele materiale folosite de omenire: argila. Cu toate acestea, a fost extrem de costisitor până la dezvoltarea unei metode eficiente de topire şi electroliză a

minereului său, la sfârşitul anilor 1880.[39]

Din fericire, o societate emergentă nu va avea imediat nevoie să purifice metalul din minereu. Aluminiul este foarte rezistent la coroziune, astfel încât nu-şi va pierde proprietăţile vreme de secole şi poate fi reciclat prin topire la temperatura relativ joasă de 660°C, folosind cuptoare rudimentare de genul celor întâlnite la pag. 144.

Electroliza îţi va permite să sintetizezi unele substanţe folositoare pentru civilizaţie sărind peste metodele chimice mai puţin eficiente, folosite vreme de secole. În plus, acest proces te va ajuta şi în cercetarea ştiinţifică a lumii, pentru că descompune compuşii chimici în unităţile constitutive pure ale tuturor substanţelor: elementele. În anul 1800, de exemplu, electroliza a demonstrat fără putinţă de tăgadă că apa nu este un element, ci un compus format din hidrogen şi oxigen. În următorii opt ani, alte şapte elemente au fost izolate prin electroliză: potasiul, sodiul, calciul, borul, bariul, stronţiul şi magneziul. Primele trei dintre

---

[39] În a doua jumătate a secolului al XIX-lea, pentru a-şi impresiona oaspeţii împăratul francez Napoleon IU a organizat un banchet cu tacâmuri din aluminiu, preferându-le în locul argintăriei. În mod paradoxal aluminiul era în acelaşi timp cel mai des întâlnit şi cel mai preţios metal de pe planetă. Odată cu dezvoltarea unui flux de exploatare adecvat şi cu folosirea electrolizei în producţia lui de masă, aluminiul a încetat să mai fie veselă regală, devenind cutii pentru băuturi, aruncate de milioane de oameni.

acestea au fost descoperite prin descompunere electrică a unor compuşi obişnuiţi, despre care am vorbit frecvent în această carte: potasa, soda caustică şi varul nestins. Dar electroliza nu numai că este o tehnică crucială de izolare a elementelor anterior necunoscute, ci şi un proces care demonstrează că legăturile care ţin laolaltă atomii unui compus sunt şi ele de natură electromagnetică.

Dacă te gândeşti la interacţiunile dintre anumite elemente, la felul în care tind să se comporte în reacţiile lor reciproce – la „personalitatea" lor, cu alte cuvinte –, îţi vei da seama de un adevăr fundamental: elementele nu sunt solitare, ci se aranjează în mod natural în grupuri ce dau dovadă de comportamente similare, asemenea familiilor. Descoperirea acestui tipar a oferit practic o structură universului chimic, în acelaşi fel în care înţelegerea asemănărilor morfologice şi, prin urmare, a înrudirilor dintre organisme a adus ordine în lumea biologică. Sodiul şi potasiul, de exemplu, sunt amândouă metale puternic reactive, care formează compuşi alcalini cum sunt soda caustică şi potasa, din care pot fi izolaţi prin electroliză, în timp ce clorul, bromul şi iodul reacţionează toate cu metalele ca să formeze săruri. Dacă aşezi elementele cunoscute într-un tabel, aliniindu-le pe cele cu proprietăţi similare în aceeaşi coloană, pentru a sublinia tiparul recurent

subiacent, vei obţine tabelul periodic al elementelor.

Tabelul periodic al elementelor este una dintre cele mai importante realizări ale omului, comparabil cu piramidele sau oricare dintre minunile lumii. El reprezintă mult mai mult decât o listă cuprinzătoare de elemente identificate de chimişti de-a lungul anilor: este un mod de organizare a cunoaşterii ce permite prezicerea detaliată a proprietăţilor elementelor nedescoperite încă.

De exemplu, atunci când chimistul rus Dmitri Mendeleev a alcătuit în 1869 primul tabel al celor 60 de elemente cunoscute până atunci, a descoperit goluri în eşafodajul lui – locuri care corespundeau unor substanţe lipsă. Genialitatea acestui aranjament constă în faptul că i-a permis să prezică ce structură vor avea aceste elemente – de exemplu eka-aluminiul, elementul lipsă din tabel aflat imediat sub aluminiu. Chiar dacă acest element ipotetic nu fusese văzut sau atins niciodată pe baza simplei lui poziţii din tabel s-a putut prezice că va fi un metal lucios şi ductil, cu o densitate anume, că va fi solid la temperatura camerei, dar că se va topi la o temperatură neobişnuit de joasă pentru metale. Câţiva ani mai târziu, un francez a descoperit într-un minereu un element nou şi l-a numit galiu, după vechiul nume al ţării lui. A devenit repede clar că acesta era eka-aluminiul lipsă anticipat de Mendeleev,

iar predicţia lui în legătură cu punctul de topire a fost cât se poate de precisă: galiul trece din stare solidă în stare lichidă la temperatura de 300°C, adică literalmente se topeşte în mâini.[40]

Acest adevăr simplu despre tiparele inerente ale elementelor te va ajuta să îţi structurezi cercetarea alcătuirii materiei şi îţi va permite să exploatezi mai bine diferitele proprietăţi ale substanţelor naturale. Acum vom pune în aplicare lecţiile din Capitolele 5 şi 6, aruncând o privire asupra unor fenomene chimice ceva mai complexe: explozibilii şi fotografia.

Explozibilii

Probabil că explozibilii reprezintă exact genul de tehnologie pe care ai vrea să n-o incluzi într-un manual de repornire a civilizaţiei, în dorinţa de a prelungi cât mai mult cu putinţă coexistenţa paşnică. Este adevărat

---

[40] Din anii 1930, am făcut un pas mai departe, adăugând tabelului periodic elemente care nu există în mod natural, dar au fost create tehnologic: atomi cu un nucleu atât de plin de protoni şi neutroni, încât sunt deosebit de instabili şi se dezintegrează aproape imediat într-o explozie de radioactivitate. De-a lungul istoriei noastre, nu am creat doar materiale noi – ceramice, precum sticla, sau aliaje metalice – sau molecule noi, de tipul polimerilor organici specifici maselor plastice, ci am învăţat cum să transformăm până şi elementele, împlinind astfel visul alchimiştilor. Şi nu încape îndoială că, prin multă dăruire, o civilizaţie care ne-ar călca pe urme ar fi capabilă să realizeze acelaşi lucru.

că explozibilii pot fi transformaţi în scopuri distructive sau pentru apărare, iar, din punct de vedere istoric, chimia lor s-a dezvoltat în tandem cu metalurgia necesară expulzării controlate a muniţiei tunurilor şi armelor de foc. Dar aplicaţiile lor în timp de pace sunt indiscutabil mai importante pentru refacerea civilizaţiei: explozibilii sunt foarte folositori pentru puştile de vânătoare, pentru despicarea rocilor din cariere şi mine, pentru săparea tunelurilor şi a canalelor. Iar în lumea postapocaliptică ar putea fi utilizate mai ales la demolarea clădirilor foarte înalte, acum degradate şi nesigure, la sfărâmarea componentelor lor structurale şi la curăţarea terenului pentru a permite o nouă dezvoltare, pe măsură ce civilizaţia se întoarce în cartierele multă vreme pustii în orice caz, cunoaşterea ştiinţifică este în sine neutră: doar scopul în care o aplicăm se dovedeşte a fi bun sau rău.

Pentru a produce o explozie – un impuls cu expansiune rapidă, care ia cu asalt timpanele, face bucăţi o stâncă sau dărâmă o clădire trebuie să creezi o bulă de aer de presiune foarte mare într-un spaţiu mic. Cea mai bună modalitate de a obţine acest efect este producerea unei reacţii chimice puternice, capabilă să transforme substanţe solide în gaze fierbinţi – gaze care, având nevoie de mai mult spaţiu, se dilată cu

rapiditate dincolo de punctul de reacţie. De exemplu, o puşcă modernă are în încărcătura din spatele glonţului o cantitate de pulbere explozivă echivalentă cu dimensiunea unui cub de zahăr, dar, când este activată, aceasta reacţionează incredibil de rapid şi formează o minge de gaz de dimensiunile unui balon pentru petreceri. Încercând să se dilate şi să scape din spaţiul îngust al ţevii de puşcă, gazul creează o forţă suficient de puternică încât să propulseze glonţul cu o viteză apropiată de cea a sunetului. Anumiţi combustibili solizi pot fi făcuţi să explodeze dacă sunt măcinaţi sub formă de pudră fină, astfel încât aerul să aibă acces la o suprafaţă mult mai mare şi să le accelereze arderea; praful de cărbune şi făina ard extrem de puternic (iată de ce se pot petrece explozii chiar şi în fabricile de produse de patiserie). O soluţie şi mai bună pentru o ardere rapidă o constituie înlocuirea nevoii alimentării cu oxigen din aer prin hrănirea combustibilului cu o mulţime de atomi ai acestui element. O substanţă chimică capabilă să furnizeze suficienţi atomi de oxigen – sau care, în general vorbind, este foarte dornică să primească electroni de la alte substanţe chimice – se numeşte agent de oxidare sau oxidant.

În mod oarecum ironic, formula primului explozibil dezvoltat în istorie a fost descoperită de alchimişti chinezi din secolul al IX-lea care căutau un elixir al

nemuririi: pulberea neagră. Praful de puşcă este alcătuit din cărbune de lemn – combustibilul sau reductorul – şi salpetru (numit acum azotat de potasiu) – oxidantul –, substanţe măcinate şi amestecate. Puţin sulf galben presărat în acest amestec schimbă produşii finali ai reacţiei, punând astfel la dispoziţie mai multă energie în momentul exploziei. Cea mai bună reţetă de praf de puşcă este amestecarea unor părţi egale de salpetru şi sulf cu şase părţi de cărbune de lemn. Se obţine astfel un cocktail chimic încărcat cu energie latentă, gata să se elibereze prin explozie.

Producerea azotatului folosit în praful de puşcă cere ceva mai multă abilitate chimică. Istoric vorbind, sursa de azotaţi pentru explozibili şi pentru îngrăşăminte a fost una foarte umilă: o grămadă bine maturată de gunoi de grajd conţine hoarde de bacterii care lucrează la transformarea moleculelor conţinătoare de azot în nitraţi, care pot fi extraşi exploatând faptul că anumiţi compuşi similari se dizolvă diferit în apă. Este o realitate chimică indiscutabilă că toate sărurile de azotat sunt gata să se dizolve rapid în apă, în timp ce hidroxizii sunt deseori insolubili. Prin urmare, toarnă câteva găleţi de apă de var (hidroxid de calciu – vezi Capitolul 5) peste o grămadă de bălegar, şi majoritatea mineralelor vor rămâne înăuntru sub formă de hidroxizi insolubili, în timp ce calciul va extrage ionii

de azotat şi se va scurge. Strânge acest lichid şi amestecă-l cu potasă. Calciul şi potasiul vor face schimb de parteneri şi vor forma carbonat de calciu şi azotat de potasiu. Carbonatul de calciu nu este solubil în apă – el reprezintă compusul aflat la baza calcarului şi cretei, şi se vede clar că falezele albe de la Dover nu dispar spălate de valuri –, în timp ce azotatul de potasiu este solubil. Pentru a obţine cristale de salpetru, filtrează precipitatul alb bogat în calciu, lăsând apoi apa să se evapore. Un test bun pentru a verifica dacă izolarea a reuşit este să înmoi o bucată de hârtie în soluţie şi să o laşi să se usuce. Dacă ai obţinut azotat de potasiu, hârtia va arde cu flacără.

Chimia extragerii salpetrului este destul de simplă; problema o va reprezenta însă găsirea unor rezerve suficiente de azotaţi buni de folosit ca materie primă, pe măsură ce nevoile noii civilizaţii vor creşte. Zăcăminte minerale adecvate se găsesc doar în medii foarte aride, cum este deşertul Atacama din America de Sud (pentru că salpetrul este foarte solubil, motiv pentru care apa îl spală cu uşurinţă), sau în acumulările de guano, foarte bogate şi ele. Utilizarea nitraţilor atât ca îngrăşăminte, cât şi pentru fabricarea explozibililor le-a conferit acestora o importanţă strategică către sfârşitul secolului al XIX-lea, ajungându-se chiar la războaie pentru diverse insuliţe pustii acoperite cu

excrementele de păsări ce conţineau o astfel de substanţă. În acest capitol vom mai vedea şi felul în care noua civilizaţie se va putea elibera de constrângerile impuse de penuria de azot.

Cu toate că praful de puşcă întreţine arderea rapidă combinând în mod adecvat combustibilul şi pulberile antioxidante, există o modalitate mai eficientă de creştere a puterii reacţiei şi, prin urmare, a exploziei: combinarea combustibilului şi a oxidantului în aceeaşi moleculă. Reacţia multor molecule organice cu un amestec de acid azotic şi acid sulfuric (vezi Capitolul 5) conduce la oxidarea lor, fixând grupurile de azotat de molecula de combustibil. De exemplu, oxidarea hârtiei sau a bumbacului (ambele alcătuite din fibre de celuloză vegetală) cu acid azotic produce nitroceluloză puternic inflamabilă – hârtie flash sau fulmicoton.

Alt explozibil mai puternic decât praful de puşcă este nitroglicerina. Acest explozibil incolor şi uleios se obţine prin nitrarea glicerinei – un subprodus obţinut în timpul fabricării săpunului, după cum am văzut în Capitolul 5. Din păcate, nitroglicerina este extrem de instabilă, putând să-ţi explodeze în faţă chiar şi la cea mai mică neatenţie. Soluţia descoperită de Alfred Nobel pentru a-i controla potenţialul distructiv a fost impregnarea cu această substanţă atât de instabilă a unor materiale absorbante, precum rumeguşul sau

argila, pentru a face din ele batoane de dinamită. (Nobel a folosit averea obţinută de pe urma acestei invenţii pentru a întemeia faimosul premiu care îi poartă numele.).

Producerea unor substanţe explozive puternice se bazează, aşadar, pe folosirea acidului azotic ca agent de oxidare. De acelaşi acid este nevoie şi în tehnica fotografiei, pentru a capta lumina folosind procedee chimice de bază.

Fotografia

Fotografia reprezintă o tehnică minunată – un mod de a exploata lumina pentru a înregistra o imagine, surprinzând un moment din timp şi păstrându-l pentru eternitate. O fotografie de vacanţă poate trezi amintiri vii chiar şi peste decenii şi imortalizează lumea cu o fidelitate la care memoria nu are acces. Dar, dincolo de instantaneele de la chefuri, de portretele de familie sau de peisajele care îţi taie răsuflarea, valoarea fotografiei constă, de peste două sute de ani, în faptul că prezintă ceea ce ochiul nu poate vedea. Ea reprezintă o tehnologie deschizătoare de drumuri pentru numeroase domenii ale ştiinţei şi va fi vitală pentru accelerarea repornirii civilizaţiei. Fotografia le permite cercetătorilor să înregistreze evenimentele şi procesele

aproape imperceptibile, care se petrec prea repede ori prea încet pentru a le putea percepe sau pe lungimi de undă invizibile omului. De exemplu, fotografia poate fi folosită cu timpi de expunere mai mari pentru a capta lumina foarte estompată de pe cerul nopţii, permiţând astronomilor să studieze o multitudine de stele foarte slab luminate sau să identifice cu claritate galaxii şi alte nebuloase.[41] Emulsiile fotografice sunt sensibile şi la razele X, astfel încât permit obţinerea imaginilor medicale necesare examinării interiorului corpului.

Chimia care stă la baza fotografiei este destul de simplă: anumiţi compuşi de argint se înnegresc atunci când sunt expuşi la lumina solară, astfel încât pot fi folosiţi pentru a înregistra imagini în alb şi negru.

---

[41] Aparatul de fotografiat se poate folosi şi pentru a demonstra, chiar şi după foarte mult timp, existenţa anterioară a civilizaţiei noastre evoluate tehnologic. O fotografie a cerului nopţii făcută aproape de ecuatorul ceresc (90" faţă de pol - vezi Capitolul 12), cu un timp de expunere de un minut sau două, va transforma toate stelele în dungi curbate de lumină datorită rotaţiei Pământului. Dar vei remarca, ici-colo, ceva foarte ciudat: puncte luminoase care nu s-au alungit deloc. Aceste obiecte par fixe pe cer pentru că se deplasează exact cu aceeaşi viteză cu care se învârte şi planeta - sunt obiecte artificiale plasate intenţionat în jurul Pământului, într-o configuraţie aleasă special. Este vorba despre sateliţii geostaţionari care înconjoară ecuatorul şi a căror perioadă orbitală este de exact o zi. Aceşti sateliţi rămân fixaţi deasupra unui punct de pe suprafaţa Pământului şi reprezintă nişte relee de comunicaţii foarte bune. întrucât orbita lor este stabilă şi se deplasează în mediul curat al spaţiului, vor avea rolul de monumente ale civilizaţiei noastre tehnologice multă vreme după ce oraşele şi celelalte vestigii produse de noi se vor fi transformat în praf şi pulbere.

Secretul constă în obţinerea unui compus solubil de argint, care să poată fi întins sub forma unei pelicule subţiri şi uniforme, pentru a-l transforma apoi într-o sare insolubilă, care se lipeşte pe suprafaţa exterioară a mediului fotografic.

Unge mai întâi o foaie de hârtie cu albuş de ou în care ai dizolvat puţină sare şi las-o să se usuce. Dizolvă apoi argint în acid azotic, care va oxida metalul şi va produce azotat de argint solubil,[42] şi întinde soluţia pe foaia de hârtie pregătită anterior. Clorura de sodiu va reacţiona şi va forma clorură de argint, care este insolubilă şi sensibilă la lumină, iar albuşul de ou va împiedica fibrele din hârtie să absoarbă emulsia. O singură linguriţă din argint conţine suficient element de acest gen cât să obţii peste 1500 de fotografii.

Când razele de lumină ating hârtia sensibilizată astfel, furnizează energia necesară eliberării masive de electroni, astfel încât să transforme clorura de argint în argint metalic. Suprafeţele mari de argint, cum sunt, de

---

[42] Dacă tot ne ocupăm de chimia argintului, merită menţionată o altă proprietate importantă a lui: posibilitatea de a fabrica oglinzi, componente indispensabile - dincolo de orice sursă de hrănire a orgoliului - în construirea telescoapelor de mare putere sau a sextantelor pentru navigaţie. O soluţie alcalină de amoniac (vezi Capitolul 5) se amestecă cu azotat de argint şi cu puţin zahăr, apoi se toarnă pe spatele unei bucăţi curate de sticlă. Zahărul forţează argintul să revină la starea sa iniţială de metal pur, astfel încât să se întindă sub forma unui strat lucios direct pe suprafaţa sticlei.

exemplu, platourile lustruite, au un luciu puternic, dar cristalele minuscule mai degrabă împrăştie lumina, aşa că vor părea închise la culoare. Pe de altă parte, zonele hârtiei sensibilizate neexpuse la lumină rămân la fel de albe ca suportul. Pasul obligatoriu după expunere este oprirea reacţiei fotochimice, astfel încât umbrele captate să se stabilizeze. Agentul de fixare folosit încă şi astăzi este tiosulfatul de sodiu, care se prepară relativ uşor. Se amestecă dioxid de sulf gazos într-o soluţie de sodă sau sodă caustică, apoi se fierbe împreună cu pulbere de sulf şi se usucă pentru a obţine cristale de „hiposulfit".

Folosirea unei lentile într-o cutie opacă, pentru a proiecta o imagine pe hârtia sensibilizată fixată pe peretele din spatele ei, se află la originea primei camere fotografice – dar, chiar şi cu lumină solară puternică, acestui aranjament chimic rudimentar îi poate lua ore în şir până să-şi facă efectul. Din fericire, sensibilitatea aparatului fotografic poate fi crescută enorm folosind un revelator – adică un tratament chimic care încheie transformarea particulelor parţial expuse şi le reduce integral în argint metalic. Sulfatul feric funcţionează bine în acest sens şi poate fi sintetizat destul de uşor prin dizolvarea fierului în acid sulfuric. Iar, pe măsură ce priceperea chimică a societăţii postapocaliptice va creşte, sarea de clor poate fi înlocuită cu una dintre

surorile ei atomice, sarea de iod sau de brom, care produc emulsii fotografice mult mai sensibile la lumini Faptul că expunerea la lumină înnegreşte particulele fotosensibile de argint, în vreme ce umbrele rămân deschise la culoare, face ca fotografia să aibă tonalitate cromatică inversă faţă de ce văd ochii – adică se obţine un „negativ". Nu există o reacţie chimică rapidă care să permită producerea unor imagini pozitive permanente – adică substanţe iniţial închise la culoare care să se albească la lumină –, acest efect de negativ împovărând procesul fotografic. Următorul salt conceptual necesar este înţelegerea faptului că, dacă această imagine inversată se creează în camera fotografică pe un suport transparent, mai este nevoie doar de o imprimare pe hârtie sensibilizată, folosind negativul ca mască, astfel încât modelul de lumini şi umbre să revină la normal. Procesul bazat pe colodiu umed foloseşte nitroceluloză dizolvată într-un amestec compus din eter şi solvenţi de etanol – am vorbit deja despre toate aceste substanţe –, pentru a produce un lichid transparent de consistenţa unui sirop. Acest lichid este perfect pentru a acoperi o placă de sticlă cu substanţe fotosensibile, astfel încât imaginea să fie apoi expusă şi developată înainte ca lichidul să se usuce, formând o peliculă dură şi impermeabilă. Dacă în loc de colodiu foloseşti gelatină (obţinută prin fierberea oaselor de animale,

după cum am văzut în Capitolul 5), poţi obţine o placă uscată şi mai fotosensibilă, care permite timpi de expunere mai lungi.

Fotografia reprezintă un exemplu fantastic de tehnologie creată prin fuziunea unor tehnici preexistente şi prin folosirea unor materiale şi substanţe relativ simple. Construieşte un cuptor căptuşit cu argilă refractară pentru a produce sticlă prin topirea nisipului bogat în silice sau în cuarţ, împreună cu un adaos de sodă calcinată. la un fragment de sticlă şi transformă-l în lentilă sferică şi încă unul din care să faci un panou dreptunghiular pentru negativ, apoi foloseşte-ţi priceperea de a produce hârtie pentru a fabrica coli netede. Chimia care stă la baza fotografiei foloseşte aceiaşi acizi şi solvenţi pe care i-am pomenit iar şi iar în această carte, motiv pentru care îţi va fi uşor să faci o fotografie primitivă folosind substanţe obţinute dintr-o lingură de argint, un morman de bălegar şi sare de masă. Dacă te-ai trezi brusc în secolul al XVI-lea, vei reuşi să obţii fără probleme toate substanţele chimice şi toate componentele necesare pentru a construi un aparat fotografic rudimentar, aşa că i-ai putea arăta lui Holbein că merită mai degrabă să-l fotografieze pe regele Henric VIII decât să-l picteze în ulei.

Completarea tabelului periodic al elementelor,

exploatarea explozibililor şi utilizarea fotografiei ca unealtă a redescoperirii vor constitui activităţi importante pentru o civilizaţie care doreşte să se reconstruiască după apocalips. Dar, pe măsură ce societatea îşi revine şi începe să înflorească, va avea nevoie de cantităţi tot mai mari din substanţele de bază despre care am discutat în această carte. Iar, pentru a satisface aceste nevoi, civilizaţia va trebui să dezvolte procesele mult mai avansate ale chimiei industriale.

Chimia industrială

Auzim mereu cum revoluţia industrială a adus inovaţii mecanice fundamentale, menite să uşureze munca omenirii, să accelereze ritmul progresului şi să transforme societatea secolului al XVIII-lea. Dar tranziţia spre o civilizaţie avansată depinde de inventarea proceselor chimice necesare pentru sinteza pe scară largă a acizilor, alcaliilor, solvenţilor şi a altor substanţe indispensabile, de care societatea are o atât de mare nevoie pentru a funcţiona, în aceeaşi măsură în care depinde de dezvoltarea maşinăriilor ce permit automatizarea industriei textile sau de realizarea motoarelor cu abur.

Multe dintre lucrurile indispensabile despre care am vorbit în această carte se obţin pe baza aceloraşi reactivi

care transformă materia primă adunată din mediul înconjurător în bunuri şi produse. Pe măsură ce populaţia va spori, capacitatea de a satisface cererea pentru astfel de substanţe esenţiale prin mijloacele rudimentare pe care le-am analizat până acum nu va mai fi suficientă şi va risca să provoace o nouă stagnare.

Ne vom concentra acum pe obţinerea a două substanţe a căror lipsă a încetinit serios dezvoltarea occidentală în decursul istoriei: soda, la sfârşitul secolului XVIII-lea, şi azotatul, la sfârşitul secolului al XIX-lea. Furnizarea unei cantităţi suficiente din aceste două substanţe va deveni o necesitate inevitabilă şi pentru o societate postapocaliptică. Cum poate o civilizaţie emergentă să se elibereze de restricţiile pe care le impun folosirea exclusivă a cenuşilor pentru obţinerea sodei şi a gunoiului de grajd pentru obţinerea azotaţilor? Vom începe cu sinteza pe scară largă a carbonatului de sodiu, aflat la baza chimiei industriale.

Aşa cum am văzut, soda calcinată (carbonat de sodiu) este un compus de o importanţă vitală, folosit de societate într-un număr foarte mare de activităţi. Este indispensabilă ca fondant în procesul de topire a nisipului necesar în fabricarea sticlei (peste jumătate din producţia mondială de carbonat de sodiu din zilele noastre se foloseşte în acest tip de industrie), iar când este transformată în sodă caustică (hidroxid de sodiu)

devine cel mai bun agent pentru reacţiile chimice în urma cărora se face săpun sau se separă fibrele vegetale necesare pentru fabricarea hârtiei. Sticla, săpunul şi hârtia reprezintă elemente de bază ale civilizaţiei, iar din Evul Mediu şi până acum ne-am bazat mereu pe furnizarea constantă şi ieftină de alcalii pentru producerea lor.

În mod tradiţional, alcaliile erau furnizate de potasă, obţinută din arderea lemnului, iar despădurirea pe scară largă a unei mari părţi a Europei secolului al XVIII-lea a dus la importul potasei din America de Nord, Rusia şi Scandinavia. Pentru multe activităţi este preferabilă însă utilizarea sodei calcinate (soda caustică obţinută din ea este un agent de hidrolizare mult mai puternic decât potasa caustică), care se producea în Spania prin arderea plantei numite săricică, sau pe coasta Scoţiei şi a Irlandei din varecul adus pe ţărm de furtuni. Carbonatul de sodiu mai era extras şi din depozitele naturale de natron formate pe fundul unor lacuri din Egipt. În a doua jumătate a secolului al XVIII-lea, odată cu dezvoltarea populaţiei şi economiei occidentale, cererea de sodă a început să depăşească rezervele acestor resurse naturale – lucru ce se va întâmpla inevitabil şi într-o societate emergentă. Dar,

având în vedere că sarea de mare şi soda calcinată[43] sunt substanţe înrudite chimic, n-am putea oare transforma o substanţă care practic există în cantităţi nelimitate într-o altă substanţă indispensabilă pentru economie?

O operaţiune simplă, în două etape, dezvoltată în secolul al XVIII-lea de chimistul francez Nicolas Leblanc, ce constă în obţinerea unei reacţii a sării cu acid sulfuric, produsul rezultat fiind apoi copt la 1000°C într-un cuptor de calcinare, împreună cu calcar sfărâmat şi cărbune de lemn (sau cărbune minier), până se formează o cenuşă neagră. Carbonatul de sodiu ce trebuie obţinut în urma acestui proces este solubil în apă şi poate fi extras prin aceeaşi metodă folosită pentru a produce cenuşa din iarbă de mare. Deşi constituie o modalitate rapidă de a transforma sarea în sodă, eliberându-te de limitările impuse de arderea plantelor sau a unor zăcăminte minerale, procedeul Leblanc se dovedeşte foarte ineficient şi produce deşeuri toxice.[44] Ideal ar fi ca o civilizaţie emergentă să

---

[43] În limbaj modem, am spune că sarea de mare (clorura de sodiu) şi soda calcinată (carbonat de sodiu) sunt ambele săruri chimice ce ţin de aceeaşi bază (hidroxidul de sodiu, cunoscut tradiţional sub numele de sodă caustică).

[44] La începutul secolului al XIX-lea, acestea erau pur şi simplu aruncate: cenuşile negre de sulfit de calciu insolubil erau îngrămădite pe terenurile din jurul fabricilor de sodă, iar pe coşurile lor înalte ieşeau nori de hidrogen clorurat, ce afectau vegetaţia din împrejurimi. În 1863, Marea Britanie a votat Legea

sară peste acest procedeu accesibil, dar risipitor, şi să treacă direct la un sistem mai eficient.

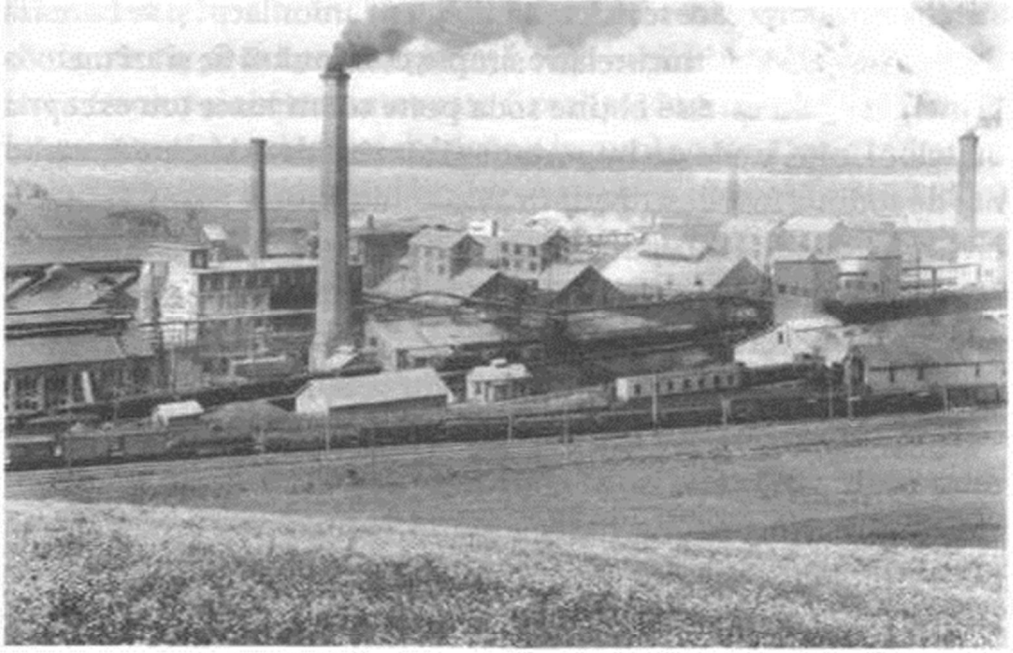
Procedeul Solvay este ceva mai complicat, dar închide bucla de producţie prin utilizarea ingenioasă a amoniacului: reactivii pe care îi foloseşte sunt reciclaţi chiar în cadrul procesului, micşorând cantitatea de produse secundare şi, în consecinţă, poluarea. Iată, aşadar, care este reacţia chimică aflată la baza procedeului Solvay: când se adaugă bicarbonat de amoniu într-o soluţie concentrată de sare, ionul de bicarbonat se leagă de sodiu pentru a forma bicarbonat de sodiu (identic cu agentul de creştere folosit la aluaturi), care poate fi transformat ulterior în sodă calcinată prin simpla încălzire. Prima etapă a acestui proces este trecerea soluţiei concentrate de sare prin două turnuri de procesare, întâi cu amoniac gazos, apoi cu dioxid de carbon, transformarea sa în apă sărată având să producă în cele din urmă indispensabilul bicarbonat de amoniu. Are loc o reacţie de schimb cu sarea, generând bicarbonat de sodiu, care nu se dizolvă şi poate fi colectat sub formă de sediment. În acest

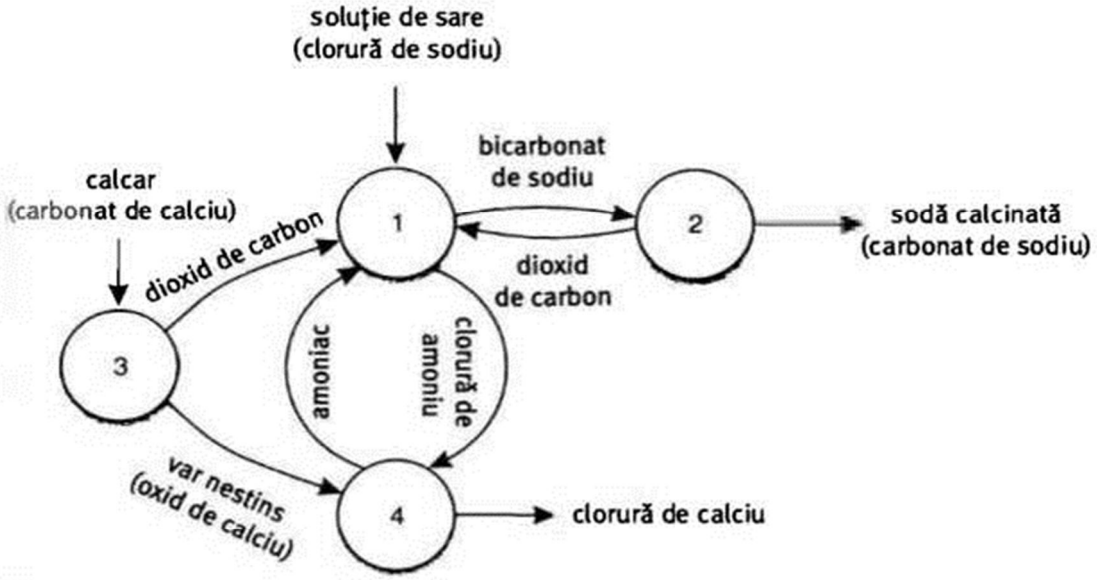
---

alcaliilor, care a interzis evacuarea hidrogenului clorurat în aer – prima lege modernă împotriva poluării. Reacţia imediată a fabricilor de sodă a constat în neutralizarea acestui gaz, stropind interiorul furnalelor cu apă, şi în aruncarea acidului clorhidric rezultat în cel mai apropiat curs de apă, ocolind abil legislaţia prin evitarea poluării atmosferei, dar nu şi a apelor!

stadiu, ingredientul-cheie este amoniacul, care păstrează saramura alcalină, nepermiţând astfel bicarbonatului de sodiu să se dizolve şi păstrând cele două săruri perfect separate.

Dioxidul de carbon necesar în această primă etapă este obţinut prin coacerea calcarului într-un cuptor (la fel cum am văzut în Capitolul 5, în cazul arderii varului pentru a produce mortar şi beton). După extragerea sodei, varul nestins rămas în urmă este adăugat şi el în soluţia de sare, regenerând astfel amoniacul introdus la început. Prin urmare, procedeul Solvay consumă doar clorură de sodiu (sare) şi calcar – iar, pe lângă preţioasa sodă, mai produce clorură de calciu, care se foloseşte pentru dezgheţarea drumurilor iarna. Acest sistem autonom, care reciclează inteligent amoniacul şi se bazează doar pe procedee chimice relativ simple, continuă să fie şi azi metoda principală prin care se obţine soda peste tot în lume (cu excepţia Statelor Unite, unde un important zăcământ de minereu de carbonat de sodiu a fost descoperit în Wyoming în anii 1930). Pentru o civilizaţie aflată la





Fabrică de sodă din New York de la sfârșitul secolului al XIX-lea, proprietate a Solvay Process Co. (sus). Procedeul Solvay de sintetizare artificială a sodei (jos). După cum se poate vedea, reciclarea amoniacului se află chiar în mie-zul acestui procedeu chimic foarte important.

început de drum, procedeul Solvay oferă o ocazie minunată de a sări peste alte metode mai ineficiente şi mai poluante de producere a acestei sode atât de necesare.

Procedeul Solvay transformă o sursă bogată de sodiu (sarea obişnuită) în sodă, un compus alcalin indispensabil. Dar nu va dura mult până când noua civilizaţie se va lovi de problema insuficienţei altui compus indispensabil. Unul dintre procesele chimice fundamentale pentru omul actual se bazează pe azot şi pe altă transformare miraculoasă a unei substanţe des întâlnite într-un produs de importanţă vitală.

Dacă ţinem cont de numărul oamenilor a căror viaţă o influenţează în fiecare zi, progresul tehnologic cel mai profund al secolului XX nu l-a reprezentat inventarea aparatelor de zbor, a penicilinei, a componentelor electronice sau a energiei nucleare, ci descoperirea metodei de a sintetiza o substanţă chimică banală şi urât mirositoare: amoniacul. Aşa cum am văzut pe parcursul acestei cărţi, amoniacul şi compuşii azotaţi – acidul azotic şi nitraţii – care-i sunt înrudiţi (şi astfel interschimbabili cu acesta din punct de vedere chimic) stau la temelia chimiei lumii civilizate. Nitraţii sau azotaţii sunt indispensabili pentru producerea îngrăşămintelor chimice şi a explozibililor, dar, în ultimii ani ai secolului al XIX-lea, lumea industrializată

a început să rămână fără aceste substanţe. Cererea începea să depăşească rezervele, iar America şi Europa au început să se îngrijoreze nu numai de asigurarea muniţiei propriilor armate, ci şi de felul în care vor reuşi să producă destulă hrană pentru a-şi menţine cetăţenii în viaţă.

Vreme de milenii, răspunsul la problema creşterii populaţiei a fost pur şi simplu eliberarea unei suprafeţe mai mari pentru producţia agricolă. Dar, când ajungi la limita terenului disponibil, singura cale de a hrăni tot mai multe guri este mărirea recoltelor obţinute de pe aceeaşi suprafaţă cultivabilă. Aşa cum am văzut în Capitolul 3, acest lucru poate fi realizat îngrăşând pământul la loc cu gunoi de grajd sau cultivând leguminoase. Dar, când populaţia depăşeşte o anumită limită – sau atinge o masă critică, dacă mă pot exprima astfel –, civilizaţia se confruntă cu o dificultate inevitabilă. Nu poţi produce mai mult gunoi de grajd, având în vedere că animalele trebuie să fie hrănite cu aceleaşi culturi. Şi nu poţi cultiva mai multe leguminoase, pentru că acest lucru ar limita terenul disponibil pentru cereale. Se ajunge astfel la limita agriculturii organice.

Singura soluţie la îndemână este să introduci în bucla agriculturii azot produs în altă parte. În secolul al XIX-lea, agricultura occidentală se baza foarte mult pe

importul de guano şi de salpetru extras din deşertul chilian. Dar aceste resurse au început să se epuizeze rapid, iar preşedintele Asociaţiei Britanice pentru Progresul Ştiinţei, sir William Crookes, a avertizat în 1898 că „trăim din economiile Pământului, care nu ne va onora la nesfârşit cecurile" (un avertisment de care ar fi înţelept să ţinem cont şi astăzi, când foamea nestăvilită de ţiţei şi de alte resurse naturale a civilizaţiei noastre ameninţă să le epuizeze). Lumea pe care o lăsăm în urma noastră va fi deja golită de aceste zăcăminte naturale de nitraţi, iar o societate postapocaliptică pe cale să se maturizeze se va lovi rapid de această dificultate.

Atmosfera planetei este bogată în azot – care reprezintă aproape 80% din aerul pe care-l respiri –, dar acesta este cât se poate de nereactiv. Cei doi atomi de azot sunt strâns uniţi laolaltă printr-o legătură triplă; de fapt, este vorba despre substanţa biatomică cea mai puţin reactivă pe care o cunoaştem, ceea ce o face să fie foarte greu de transformat în forme exploatabile. Spre sfârşitul secolului al XIX-lea, a devenit clar că găsirea unei metode care să fixeze azotul era absolut indispensabilă pentru progresul civilizaţiei şi că astfel chimia trebuia chemată în ajutorul omenirii.

Soluţia, descoperită în 1909 şi folosită şi astăzi, este numită proces Haber-Bosch. La prima vedere, pare a fi

o procedură destul de simplă. Azotul, gazul cu cea mai mare concentraţie din atmosfera Pământului, şi hidrogenul, cel mai abundent element din întregul univers, sunt singurele materii prime ale acestui proces. Aceste elemente sunt amestecate într-un reactor ţinând cont de o proporţie de trei la unu şi sunt combinate pentru a forma NH_3, adică amoniac. Azotul poate fi pur şi simplu absorbit din aer, iar hidrogenul este produs astăzi din metan, dar poate fi obţinut şi din electroliza apei. Cooptarea azotului în reacţie cere ruperea legăturilor puternice care ţin laolaltă cei doi atomi, iar pentru asta e nevoie de un catalizator. O formă poroasă de fier, la care se adaugă hidroxid de potasiu (potasa caustică despre care am vorbit în Capitolul 5) pentru a-i creşte eficienţa, reuşeşte să demareze această reacţie. Dar procesul nu este niciodată complet, aşa că gazele sunt răcite pentru ca produsul dorit să se condenseze sub formă de stropi de amoniac, ce pot fi adunaţi şi depozitaţi, în timp ce gazele care încă nu au reacţionat sunt reciclate în mod repetat în reactor până când se transformă în totalitate. Dar, aşa cum se întâmplă cu multe alte procese, diavolul se ascunde în detalii, iar procesul Haber-Bosch este de fapt destul de complicat.

Multe reacţii chimice sunt fundamental unidirecţionale: reactivii care se recombină în anumite

produse nu parcurg decât un drum cu sens unic. De exemplu, atunci când arde o lumânare, moleculele de hidrocarburi din ceară se oxidează prin ardere şi se transformă în apă şi dioxid de carbon, iar transformarea inversă nu se petrece niciodată în mod spontan. Există însă şi procese chimice în care reacţiile sunt reversibile, iar cele două transformări opuse se petrec simultan în ambele direcţii. „Reactanţii" sunt transformaţi în „produşi de reacţie", iar ultimii se transformă la loc în reactanţii din care s-au format. Transformarea care se petrece între amestecul de azot-hidrogen şi amoniac este unul dintre aceste procese reversibile, iar pentru a înclina balanţa spre compusul dorit în reactor trebuie să existe condiţii pregătite cu grijă. Producerea amoniacului presupune atât temperaturi ridicate (în jur de 450°C), cât şi o presiune enormă (circa 200 de atmosfere). Aceste condiţii extreme fac ca procesul Haber-Bosch să fie cât se poate de complicat. Spre deosebire de celelalte procese fundamentale discutate anterior, care au la rândul lor nevoie de căldura unui cuptor – precum fabricarea sticlei sau topirea metalului ruperea legăturilor azotului cere o pricepere inginerească mult mai mare. Dacă societatea postapocaliptică nu va reuşi să recupereze un reactor potrivit, va trebui să înveţe să construiască o oală sub presiune de rang industrial.

Forţarea azotului să se combine cu hidrogenul ca să producă amoniac reprezintă doar prima etapă. După ce azotul este fixat, va trebui să obţii o substanţă chimică de utilitate mult mai largă: acidul azotic. Amoniacul se oxidează la temperatură înaltă într-un convertizor – care nu e un simplu cuptor, ci un vas care arde pe post de combustibil chiar amoniacul gazos, folosind un catalizator platină-rodiu. Acesta este exact aliajul care se găseşte şi în catalizatorul folosit în sistemul de eşapament al automobilelor pentru a reduce cantitatea de emisii poluante, aşa că ar trebui să fie relativ uşor de adunat din resturile civilizaţiei. Bioxidul de azot produs este apoi absorbit în apă ca să formeze acid azotic.

Nici amoniacul şi nici acidul azotic nu pot fi turnate direct pe un teren agricol pentru a stimula creşterea recoltei: primul este prea alcalin, al doilea – prea acid. Dar, dacă le amesteci, cele două substanţe se neutralizează şi formează azotat de amoniu, un îngrăşământ nemaipomenit de bun, ce conţine o doză dublă de azot exploatabil. Aşa cum am văzut în Capitolul 7, azotatul de amoniu este util şi în medicină, unde este descompus ca să elibereze oxidul de azot cu rol de anestezic. Oxidul de azot este şi un agent de oxidare puternic şi poate fi folosit la fabricarea

explozibililor.[45] Pentru o societate postapocaliptică matură, care se transformă în civilizaţie industrializată, procesul Haber-Bosch va reprezenta sfârşitul dependenţei de îngrăşământul animal, de cenuşa de lemn şi de salpetrul ce asigură necesarul de azotat, permiţându-i să folosească rezerva practic inepuizabilă de azot din atmosferă.

Astăzi, procesul Haber-Bosch produce circa 100 de milioane de tone de amoniac sintetic anual, iar îngrăşămintele produse din acesta susţin o treime din populaţia globului – aproximativ 2,3 miliarde de guri flămânde sunt hrănite cu ajutorul reacţiei chimice despre care am vorbit. Şi, cum materiile prime din mâncarea pe care o consumăm se asimilează în celulele organismului, cam jumătate dintre proteinele conţinute în corpul nostru sunt alcătuite din azot fixat artificial cu ajutorul priceperii tehnologice a speciei umane. Într-un fel, suntem cu toţii, în parte, rezultatul unui proces industrial.

---

[45] În atentatul cu bombă din Oklahoma City, Timothy McVeigh a îngrămădit într-un camion peste două tone de îngrăşământ pe bază de azotat de amoniu, iar una dintre cele mai mari explozii nonnucleare din toate timpurile s-a petrecut în 1947, când un incendiu a făcut să sară în aer, în portul Texas City, un vapor cu peste 2000 de tone de îngrăşământ.

Când şi unde

„O generaţie se duce, o generaţie vine şi pământul rămâne în veac.”

Ecclesiastul 1:4

„Ideile pe care mi le inspiră ruinele sunt grandioase. Totul devine nimic, totul piere, numai lumea rămâne, numai timpul dăinuie.”

Denis Diderot, salon din 1767

În capitolul anterior, am pătruns câteva dintre tainele unei chimii industriale relativ complexe, necesară pentru asigurarea nevoilor unei societăţi emergente. Acum vreau să ne întoarcem la unele lucruri fundamentale. Cum vor reuşi supravieţuitorii care pornesc absolut de la zero să răspundă la două întrebări esenţiale: *Cât e ceasul?* şi *Unde mă aflu?* Nu-i vorba de un exerciţiu frivol: capacitatea de a te situa în timp şi spaţiu este ceva deosebit de important. Prima coordonată îţi dă posibilitatea să măsori trecerea orelor unei zile şi să ţii evidenţa zilelor şi a anotimpurilor, fără de care nu ai avea o agricultură eficientă. Vom vedea ce fel de observaţii îţi vor permite să reconstruieşti un calendar surprinzător de precis şi chiar să determini în ce an te afli într-un viitor îndepărtat (întrebarea clasică

rostită de toţi eroii din filmele cu călătorii în timp). A doua coordonată este importantă pentru că îţi oferă un mijloc de a te localiza pe glob în absenţa unor repere recognoscibile. Este esenţial să ştii unde te afli în raport cu locul în care doreşti să fii, iar acest lucru facilitează navigaţia în scop comercial sau de cercetare.

Să vorbim mai întâi despre timp.

Ora exactă

Cunoaşterea desfăşurării anotimpurilor este fundamentală pentru orice civilizaţie, acest lucru permiţându-i să aleagă cele mai bune momente pentru semănat şi recoltat şi să se pregătească astfel pentru venirea iernii sau a sezonului secetos. Şi, pe măsură ce societatea devine mai sofisticată activităţile sale căpătând o structură mai riguroasă capacitatea de a stabili ora exactă capătă la rândul ei importanţă. Ceasurile sunt indispensabile pentru reglarea duratei diferitelor activităţi şi pentru sincronizarea vieţii sociale. Programul de lucru al comercianţilor, deschiderea şi închiderea pieţei şi chiar momentul de adunare a credincioşilor într-un lăcaş de cult, în societăţile religioase, sunt rânduite în funcţie de scurgerea orelor.

În principiu, poţi măsura timpul profitând de orice

proces care se derulează într-un ritm constant. În decursul istoriei, s-au adoptat o multitudine de metode, unele dintre ele putând fi folositoare în stadiile incipiente ale repornirii civilizaţiei, în caz că nu va mai funcţiona niciun ceas. Printre ele se numără picurarea regulată a clepsidrei, unde timpul era indicat printr-o linie gradată trasată pe marginea fiecărui rezervor sau recipient; curgerea unui fir de nisip sau a altui material granular printr-o gaură de mici dimensiuni; nivelul de ulei care rămâne într-o lampă; sau o scară gradată aşezată lângă o lumânare înaltă.

Clepsidra cu apă şi cea cu nisip funcţionează pe baza aceluiaşi principiu: gravitaţia; dar, spre deosebire de varianta cu apă, unde presiunea forţează lichidul să se scurgă prin partea de jos, nisipul din clepsidră are o curgere în mare măsură independentă de înălţimea coloanei rămase. De aceea, clepsidra cu nisip a început să se răspândească odată cu secolul al XIV-lea. Dar, cu toate că acest dispozitiv permite măsurarea duratei, el nu ţi poate spune cât e ceasul (fără un sistem prin care să întorci cu rigurozitate clepsidra începând cu primul moment al zilei). Aşadar, cum putem determina cât e ceasul plecând de la principii de bază?

Structura existenţei noastre moderne agitate este dictată azi de ceasul din perete şi de agendă, dar acestea nu sunt decât formalizări ale ritmurilor planetei

pe care trăim. La nivel cotidian, în afară de succesiunea regulată zi-noapte sau de ciclul treptat al anotimpurilor, ritmurile naturale ale Pământului sunt prea lente pentru a ţine cont de ele. Să ne imaginăm că putem accelera trecerea timpului din jurul nostru, astfel încât aceste periodicităţi planetare să devină mai vizibile. (Descrierea de mai jos este făcută din punctul de vedere al emisferei nordice, dar principiile sunt aceleaşi şi la sud de ecuator.).

Dacă soarele se mişcă mai rapid pe cer, umbrele se învârt şi ele pe pământ, pivotând în jurul bazei obiectelor care le aruncă. După ce goneşte spre vest şi dispare din vedere, dând cerului o tentă indigo, astrul zilei face loc întunericului nopţii. Nenumăratele stele presărate pe cer nu mai sunt punctele statice cu care te obişnuiseşi, ci linii subţiri de lumină care gonesc pe firmament. Ele trasează cercuri concentrice, înghesuite unele în altele, lăsând în mijloc un loc nemişcat: polul nord ceresc. Exact în centrul acestui model se întâmplă să se afle o stea – Polaris sau Steaua Polară – în jurul căreia par să se rotească toate celelalte, înainte ca zorii să lumineze din nou firmamentul.

Vei observa apoi că traiectoria incandescentă a soarelui pe cer se modifică de-a lungul săptămânilor: arcul pe care îl descrie se mişcă uşor în sus şi în jos. În timpul verii, are cea mai înaltă poziţie, ducând la zile

lungi şi calde, dar iarna soarele parcă o ia pe scurtătură, abia ivindu-se deasupra orizontului, înainte să dispară iarăşi din vedere. Punctul cel mai înalt şi cel mai scăzut al acestor mişcări, cel în care arcul solar pare să şi încetinească deplasarea pe cer înainte să pornească în direcţia opusă, se numeşte solstiţiu (termen latin, care se traduce prin „soare nemişcat"). Solstiţiul de iarnă (ce coincide cu solstiţiul de vară din emisfera sudică) este cea mai scurtă zi din an şi corespunde momentului în care soarele răsare din cel mai sudic punct al orizontului. Unele monumente astronomice vechi, precum Stonehenge, sunt aliniate spre locul răsăritului din aceste zile speciale.[46]

Aşadar, cum poţi folosi aceste ritmuri şi cicluri naturale pentru a măsura timpul?

La nivelul cel mai de bază, se poate spune că deplasarea soarelui pe cer în timpul rotaţiei Pământului[47] şi, prin extensie, poziţia umbrelor la sol

---

[46] Reţeaua de străzi paralele din Manhattan este aliniată după un ax aflat la o înclinaţie de 30° est faţă de nordul ceresc, iar, de două ori pe an (la sfârşitul lui mai şi la mijlocul lui iulie), Manhattanul se comportă ca un Stonehenge devenit metropolă, cu soarele răsărind exact pe linia centrală a acestei reţele.

[47] Dacă vrei să fii convingător, poţi demonstra că deplasarea soarelui pe cer şi rotirea nocturnă a stelelor sunt provocate de mişcarea noastră, nu a lor. într-un loc ferit de vânt, atârnă la capătul unui fir lung un obiect greu, apoi fă-l să oscileze înainte şi înapoi, fără nici un fel de mişcare laterală. De-a lungul zilei, acest „pendul al lui Foucault" va părea să se rotească în jurul solului. Dar pendulul este suspendat în aer, deci asupra lui nu acţionează nici o forţă care să-i

indică momentul din zi. Oricine a încercat să stea la umbra unui copac sau a unei umbrele de plajă şi-a dat seama de deplasarea acesteia. Prin urmare, dacă vei înfige un băţ perpendicular pe pământ, umbra lui va indica trecerea timpului. Acesta este principiul de bază al unui cadran solar. Momentul în care umbra este cea mai scurtă marchează miezul zilei sau amiaza. Pentru a obţine rezultate mai precise, băţul trebuie înclinat spre nordul ceresc, indicat de Steaua Polară.

Pentru a improviza un cadran solar, aşază la baza băţului o emisferă cu orele marcate la intervale regulate. Acest lucru îţi va permite să proiectezi sfera cerească direct pe suprafaţa curbată a ecranului solar. Un ecran solar plat este mai uşor de construit, dar în acest caz marcarea orelor este mai complicată, pentru că umbra se va mişca mai lent în perioada prânzului decât dimineaţa sau seara. Poţi împărţi ziua în câte ore doreşti. Obişnuinţa de a împărţi ziua în două jumătăţi de câte douăsprezece ore se trage de la babilonieni (şi poate fi legată de cele douăsprezece semne ale zodiacului, adică de grupul de constelaţii prin care par să treacă soarele şi planetele în mişcarea lor pe cer).

Dar principala invenţie care trebuie recuperată în

---

confere această mişcare; de fapt, pendulul se balansează tot timpul în aceeaşi direcţie, doar că pământul de sub el se roteşte.

timpul refacerii civilizaţiei este mecanismul de ceasornic.[48] Acesta este un dispozitiv uimitor, care ticăie ritmic, asemenea unei inimi. Pentru a funcţiona în acest fel, sunt necesare patru elemente de bază: o sursă de energie, un oscilator, un regulator şi un sistem de roţi dinţate.

Partea fundamentală a oricărui mecanism este sursa de energie, iar cea mai simplă metodă de a o obţine constă în suspendarea unei greutăţi de un fir înfăşurat în jurul unui ax, astfel încât acesta să se învârtă atunci când greutatea coboară sub influenţa forţei gravitaţionale. Principala problemă este găsirea unei modalităţi de a controla căderea greutăţii în vederea acţionării fine a mecanismului de ceas. Dispozitivul care îndeplineşte o astfel de funcţie se numeşte eşapament, şi vom reveni la el imediat.

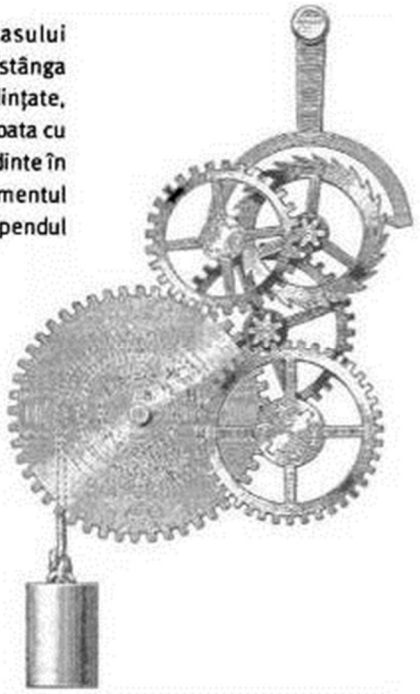
Componenta aflată la baza ritmicităţii sistemului, adică inima mecanismului de ceas, se numeşte balansier. Soluţia rudimentară ideală pentru implementarea acestei piese este pendulul: o masă care se balansează la capătul unei tije rigide. Principiul fizic

---

[48] Ceasurile au apărut prima oară în mânăstiri, la sfârşitul secolului al XIII-lea, bătăile fiind folosite pentru a chema călugării la rugăciune. De fapt mecanismele acestora datează cam cu un secol înaintea adoptării feţelor şi acelor de ceas (iar minutarul a apărut abia după trei sute de ani); primele ceasuri nu afişau ora, ci se foloseau de un sistem complicat prin care acţionau clopote.

exploatat aici este acela că perioada unui pendul – adică timpul de care are nevoie pentru a reveni la poziţia iniţială după o uşoară mişcare oscilatorie – este determinată de lungimea lui. Un pendul va oscila în exact acelaşi ritm chiar dacă frecarea şi rezistenţa aerului îi reduc amplitudinea mişcării, şi exact această regularitate îl face o componentă esenţială pentru ceas. Al treilea element, regulatorul, îndeplineşte funcţia vitală de integrare a sincronizării balansierului pentru a regla sursa de energie. Eşapamentul pendulului este un pinion cu dinţi oblici, care îmbucă şi apoi eliberează în mod repetat o furcă cu două braţe, ce se balansează odată cu pendulul. În punctul maxim al fiecărei oscilări, eşapamentul eliberat trece la dintele următor sub influenţa greutăţii, iar dinţii respectivi generează de fiecare dată un mic impuls, ce păstrează pendulul în mişcare. Acest aranjament ingenios captează impulsul regulat al pendulului pentru a elibera cu fiecare tic-tac energia acumulată anterior. Nevoia de a avea în acelaşi timp un pendul lung şi o cădere mare pentru greutate a influenţat designul multor ceasuri, acesta fiind motivul pentru care seamănă ele cu pendula bunicului.

După ce ne-am lămurit în legătură cu acest



Componentele de bază ale ceasului mecanic. Căderea unei greutăţi (stânga jos) acţionează sistemul de roţi dinţate, iar eşapamentul (sus) eliberează roata cu dinţi oblici, ce se învârte dinte cu dinte în urma balansului acestuia. Eşapamentul este cuplat la ritmul regulat al unui pendul (nu apare în imagine).

mecanism, nu ne va fi greu să proiectăm un sistem de roţi dinţate care să execute un calcul matematic menit să potrivească mişcarea etapizată a eşapamentului cu o roată ce descrie o revoluţie completă la fiecare douăsprezece ore, punând în mişcare acul orar, şi cu o altă roată dinţată ce acţionează minutarul cu un raport de transmisie de 60:1. O altă moştenire rămasă de la babilonieni este împărţirea orei în 60 de minute (termen ce provine din expresia latină *partes minutiae primae,* care se traduce prin „primele părţi mici"), la fel ca şi împărţirea minutelor în 60 de secunde (în latină, *partes minutiae secondae).* Ceasurile cu pendul permit măsurarea precisă a proceselor naturale şi a

experimentelor, aducând o contribuţie colosală la instrumentarul folosit de cercetători în timpul revoluţiei ştiinţifice.[49]

Durata orelor indicate de umbra rotitoare a unui cadran solar variază în decursul anului: o oră de iarnă este mai scurtă decât o oră de vară. Doar două zile din an au orele solare egale: echinocţiile (termen care înseamnă „noapte egală", pentru că ziua şi noaptea au ambele 12 ore[50]). Aceste zile speciale se întâlnesc primăvara şi toamna, iar dacă te prinde amiaza în zona ecuatorului vei avea soarele fix deasupra capului şi umbra îţi va dispărea sub picioare. Dimineaţa fiecărui echinocţiu poate fi observată uşor, pentru că soarele răsare exact dinspre est (adică în unghi drept faţă de polul ceresc observat). Ceasurile mecanice sunt setate să măsoare această oră echinocţială standard (pe care o clepsidră cu nisip îţi va permite să o determini pornind de la un cadran solar, lucru ce îţi dă posibilitatea să faci

---

[49] Toate ceasurile sunt, în esenţă, instrumente care numără oscilaţiile unor procese regulate a căror desfăşurare apoi o afişează. Ceasurile modeme funcţionează după un principiu asemănător, doar că exploatează alte fenomene fizice, cu ritmicitate mai rapidă şi mai precisă: un ceas digital numără oscilaţiile electronice ale unui cristal de cuarţ, iar un ceas atomic numără oscilaţiile microundelor unui nor de cesiu.

[50] Ziua va fi totuşi puţin mai mare decât noaptea, pentru că lumina soarelui se refractă în atmosfera terestră şi oferă în fiecare dimineaţă şi seară o perioadă de crepuscul.

comparaţii ulterioare). Cadranele solare indică ceea ce se numeşte timpul solar aparent, care se poate abate şi cu 16 minute faţă de timpul solar mediu înregistrat de ceasurile mecanice potrivite după ora echinocţială. Răspândirea ceasurilor mecanice a dat naştere unei posibile surse de confuzie între cele două sisteme de măsurare: ţinem cont de ora uniformă a mecanismului, sau de ora solară, determinată de răsăritul soarelui? Din acest motiv, în secolul al XIV-lea, a apărut necesitatea de a afirma că ora este raportată la ceas, spunând, de exemplu, „trei ceasuri”.

De fapt, există o legătură istorică şi mai profundă între ceasul modern analog şi vechea tehnologie a cadranelor solare. Ceasurile mecanice, care indică ora cu ajutorul unei limbi care se mişcă pe un disc, au fost proiectate să fie înţelese intuitiv de persoanele obişnuite să citească linia umbrei de pe un cadran solar. Ele au apărut mai întâi în oraşele europene medievale, iar, în emisfera nordică, umbra de pe un gnomon se roteşte întotdeauna în aceeaşi direcţie: de unde expresia „în sensul acelor de ceasornic”. Dacă în timpul repornirii civilizaţiei ceasul va fi inventat în emisfera sudică, limbile s-ar putea să se mişte în direcţia numită acum „în sens opus acelor de ceasornic”.

Atât despre măsurarea timpului în decursul unei zile. Dar în ce fel ai putea ţine evidenţa unor cicluri mai

mari de timp pornind de la principii fundamentale? Cum vei putea să iei pulsul anotimpurilor şi să reconstruieşti calendarul?

Refacerea calendarului

Să revenim la băţul înfipt în pământ. Am văzut deja că poţi determina ora amiezii în funcţie de lungimea umbrei acestuia. Dacă marchezi acea lungime în momentul amiezii mai multor zile succesive, practic măsurând unghiul maxim de elevaţie a soarelui, vei remarca o periodicitate de-a lungul anotimpurilor, în timp ce Pământul se învârte în jurul Soarelui.[51]

Dacă aştepţi să apună soarele şi să urmăreşti cerul nopţii, vei avea acces la mult mai multe puncte de reper cereşti pentru a împărţi anul şi a înregistra ciclurile anotimpurilor. Multe dintre constelaţiile vizibile din orice loc de pe glob îşi schimbă poziţia pe parcursul

---

[51] Cum poţi dovedi că Pământul se mişcă în jurul Soarelui, şi nu invers (că nu ne aflăm, prin urmare, într-un loc privilegiat din mijlocul sistemului solar)? Nu îţi trebuie decât un ceas suficient de precis. în decurs de câteva nopţi, vei observa că toate stelele răsar cu exact patru minute întârziere în fiecare seară. Dacă ar fi vorba doar de mişcarea Pământului în jurul axei sale, stelele ar apărea pe cer exact la aceeaşi oră în fiecare seară în realitate, poziţia planetei noastre suferă o uşoară modificare, fiind astfel nevoie de un anumit interval de timp până în clipa în care ne vom putea bucura exact de acelaşi cer înstelat de noaptea trecută. Patru minute înseamnă 1/365 din 24 de ore: cu atât înaintează Pământul într-o zi în mişcarea lui anuală în jurul Soarelui.

anului. De exemplu, faimoasa constelaţie Orion (sau Vânătorul) se află pe ecuatorul ceresc, deci poate fi văzută în emisfera nordică doar în lunile de iarnă. Mai exact, fiecare stea apare şi apoi dispare la anumite date (ceea ce îţi permite să numeri cu precizie cele 365 de zile ale anului). Aceste evenimente stelare pot fi asociate cu anumite zile din an deja stabilite – solstiţiile şi echinocţiile – şi pot fi folosite pentru a ţine evidenţa trecerii anului şi pentru a anticipa schimbarea anotimpurilor. Vechii egipteni, de exemplu, preziceau inundaţiile Nilului şi retrezirea la viaţă a solului în funcţie de prima apariţie a lui Sirius, cea mai strălucitoare stea de pe cer, care în calendarul modern se petrece în jurul zilei de 28 iunie.

În felul acesta, pornind de la câteva observaţii rudimentare, poţi reface un an de 365 de zile[52] şi poţi să

---

[52] De fapt, din însemnările pe care le vei ţine în primele decenii ale repornirii civilizaţiei, vei observa că, folosind un calendar de 365 de zile, data evenimentelor stelare se deplasează uşor an de an. Asta îţi spune că anul nu are fix 365 de zile, ci puţin mai mult. (Dacă ne gândim mai bine, nu există nici un motiv pentru care ne-am aştepta ca orbita planetei noastre în jurul Soarelui să fie un multiplu exact al timpului de care are nevoie pentru a se învârti în jurul propriei axe.) Peste 1460 de ani, un reper de pe cer va trebui să meargă înapoi un an întreg pentru a reveni la ziua pe care ai observat-o iniţial. Prin urmare, în raport cu fundalul ceresc, Pământul se învârte cu 365 de zile în plus la fiecare 1460 de ani. Asta înseamnă că trebuie să numeri un sfert de zi în plus în fiecare an, altminteri calendarul se va desincroniza faţă de anotimpuri. Acesta a fost motivul pentru care Iulius Caesar a decretat în anul 46 realinierea datei şi a

notezi în calendar echinocţiile şi solstiţiile, obţinând patru puncte de reper uniform repartizate într-un an – adică momentele de trecere de la un anotimp la altul, în funcţie de care vei coordona agricultura. Echinocţiile de toamnă şi de primăvară – care, aşa cum am văzut, se folosesc la definirea orei – au loc în jur de 22 septembrie şi 20 martie (pentru emisfera nordică), iar solstiţiile sunt pe 21 decembrie şi 21 iunie. Aşadar, chiar dacă supravieţuitorii ar regresa atât de mult, încât firul istoriei să se rupă pentru o perioadă căreia nimeni nu-i va mai ţine socoteala, tot vei putea afla data la care te afli urmărind o vreme mişcările ceasului ceresc. Dacă vrei, poţi refolosi calendarul gregorian, cu cele 12 luni ale lui, din ianuarie până în decembrie, şi să-l sincronizezi cu acele zile particulare pe care le-ai redescoperit.

Dar vei putea oare calcula în ce an te afli după mai multe generaţii în care n-a ţinut nimeni calendarul? Cât a durat acest ev întunecat de după prăbuşirea civilizaţiei noastre? Un mod potrivit de a afla anul se bazează pe o descoperire uimitoare despre stelele împrăştiate pe cerul nopţii.

În decurs de o noapte, stelele se mişcă pe cer parcă

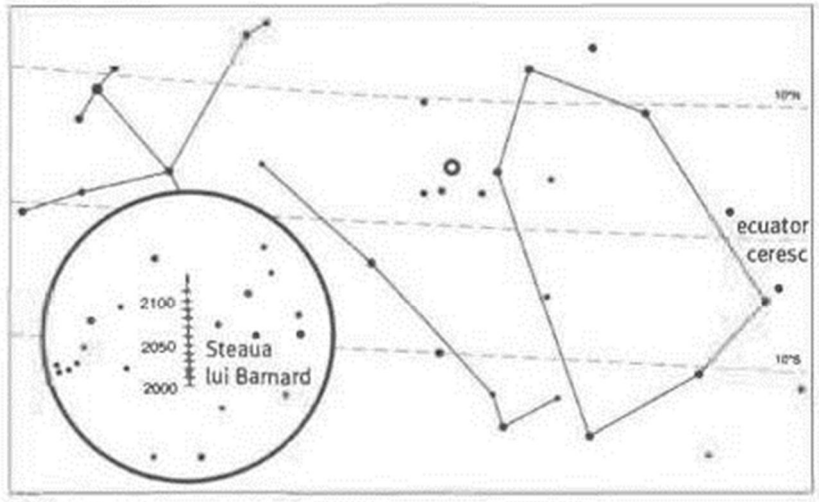
---

introdus anul bisect, asigurându-se în felul acesta că anotimpurile şi calendarul se vor suprapune.

prinse de o cupolă enormă, fiecare punct de lumină păstrând o anumită poziţie relativă în raport cu celelalte – acestea sunt constelaţiile. Realitatea uimitoare este însă aceea că, la intervale de timp ce depăşesc cu mult durata unei vieţi omeneşti, toate stelele se mişcă de fapt unele pe lângă celelalte. Dacă ai putea face timpul să înainteze cu rapiditate (de data asta contracarând mişcarea Pământului în jurul propriei axe), le-ai vedea rotindu-se pe cer ca nişte pete de spumă ce plutesc pe un ocean întunecat. Acest fenomen, numit mişcare reală, se datorează rotaţiei altor sori în jurul centrului galaxiei, pe propriile traiectorii orbitale.

Ţinta pe care trebuie s-o urmăreşti pentru a determina în ce an te afli se numeşte steaua lui Barnard. Este una dintre stelele cele mai apropiate de Pământ, dar, având în vedere că este un soare vechi şi mic, care străluceşte slab şi roşiatic, nu poate fi văzut cu ochiul liber. Un telescop simplu, având o lentilă sau o oglindă de doar câţiva centimetri, este însă suficient pentru a-l repera. Chiar dacă această stea nu-i foarte uşor de observat, poate fi folosită ca reper temporal natural. Datorită apropierii sale de Pământ, steaua lui Barnard are cea mai rapidă mişcare reală dintre toate stelele cunoscute. Se deplasează pe cer cu circa trei miimi de grad în fiecare an. Poate nu ţi se pare mult, dar, în

comparaţie cu restul stelelor din jur, este enorm – ceea ce înseamnă că, pe parcursul unei vieţi omeneşti, parcurge o distanţă comparabilă cu jumătate din diametrul unei luni pline. Pentru a stabili data la care se află, o civilizaţie postapocaliptică nu trebuie decât să observe – cel mai bine, cu ajutorul fotografiei – partea de cer prezentată în figura următoare, să noteze locul în care se află în momentul observaţiei steaua lui Barnard şi să identifice anul în curs din cronologie.

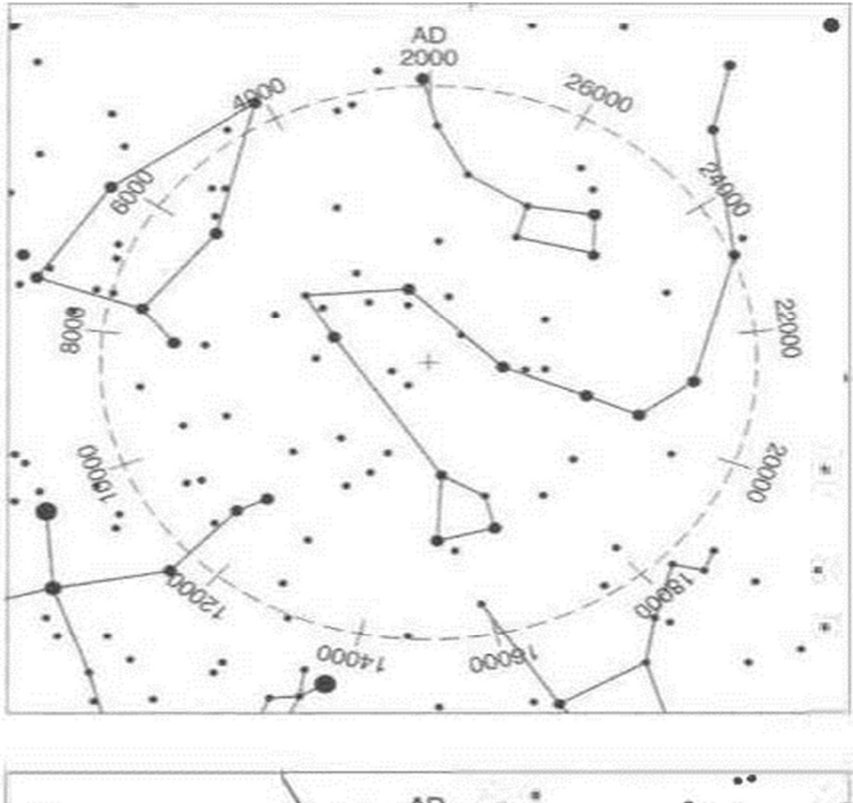


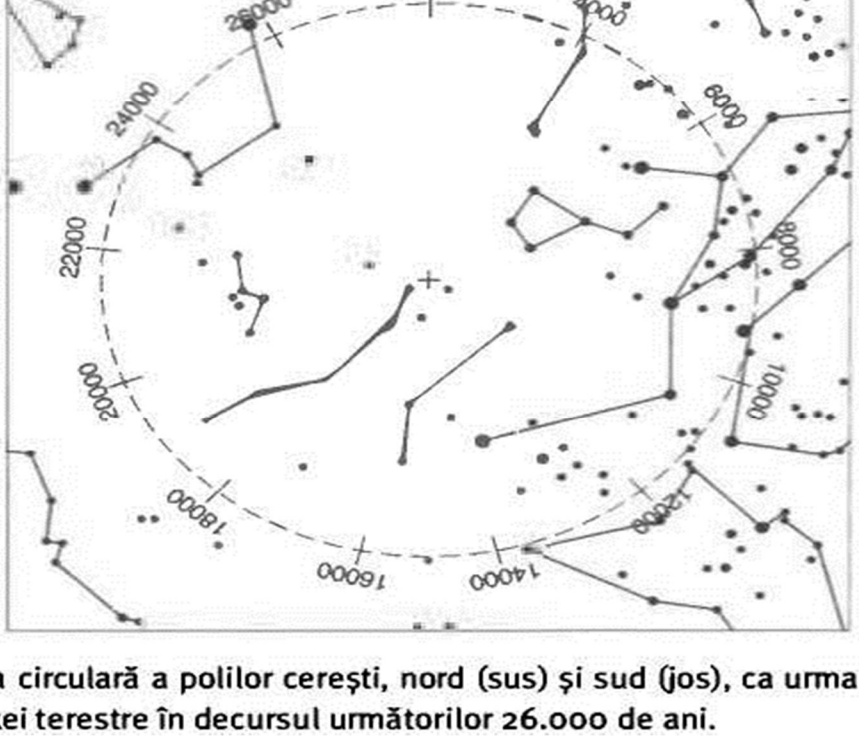
Steaua lui Barnard are cea mai mare mişcare reală pe cerul nopţii, iar observarea ei poate fi folosită pentru a afla din nou anul în curs, după pierderea legăturii cu trecutul.

La o scară de timp mult mai mare, poţi profita de precesia Pământului. La fel ca în cazul unui prâsnel, axa de rotaţie a planetei noastre descrie de-a lungul timpului o mişcare circulară. Steaua Polară este aliniată

direct cu orientarea curentă a axei de rotaţie a Pământului, aşa că reprezintă singurul punct care nu pare să se învârtă pe cer. În acest moment, nu există o stea meridională echivalentă, întrucât emisfera sudică este îndreptată spre o regiune relativ pustie. În următoarea mie de ani, Polul Nord se va apropia de alte stele, iar în jurul anului 25.700 va fi parcurs un cerc complet şi va reveni la poziţia avută în momentul naşterii lui Cristos. (Altă consecinţă a acestei mişcări este că punctele în care Soarele se intersectează cu ecuatorul ceresc, echinocţiile de primăvară şi de toamnă, se mişcă şi ele pe cer, fenomen numit precesie a echinocţiilor.) Nu-ţi va fi greu să determini unde se află polul ceresc, mai ales dacă ai reinventat fotografia şi poţi imortaliza dârele lăsate de stele în timpul rotaţiei Pământului (folosind un timp de expunere de circa un sfert de oră). După ce vei compara informaţiile obţinute cu harta stelelor din figura anterioară, vei afla în ce mileniu trăieşti.

Înregistrarea diferitelor mişcări ale Pământului îţi va permite să determini ora, să refaci calendarul şi să anticipezi schimbarea anotimpurilor. Dar cum vei reuşi să determini locul unde te afli pe Pământ şi, prin extensie, cum vei învăţa să te deplasezi mai eficient dintr-un loc în altul?





Mişcarea circulară a polilor cereşti, nord (sus) şi sud (jos), ca urmare a precesiei axei terestre în decursul următorilor 26.000 de ani.

Unde mă aflu?

Traversarea unor regiuni cunoscute sau navigatul de-a lungul coastei nu prezintă mari dificultăţi. Dar, fără aceste repere imediate – atunci când traversezi întinderea unui ocean, de pildă –, cum poţi fi sigur că te îndrepţi în direcţia potrivită? Navigatorii chinezi au fost primii care, în secolul al XI-lea, au folosit remarcabilele proprietăţi direcţionale ale magnetitului natural, adoptând apoi ace de fier magnetizate. Aceste ace de busolă se aliniază cu liniile câmpului magnetic terestru, indicând practic întotdeauna Polul Nord. O busolă nu numai că va reuşi să îţi arate constant încotro te îndrepţi, în absenţa altor repere exterioare, dar, dacă observi cel puţin două puncte importante de reper, vei reuşi, folosind acest instrument, să-ţi triangulezi poziţia cu precizie pe o hartă. În plus, busola te poate ajuta să navighezi şi atunci când nu ai cer senin. Nu uita însă că polul ceresc, asociat cu rotaţia Pământului, şi polul magnetic, generat de miezul bogat în fier al planetei noastre, nu corespund cu exactitate. La ecuator, discrepanţa este de numai câteva grade, dar, pe măsură ce te apropii de oricare dintre poli, eficienţa busolei scade tot mai mult.

Dacă vei fi nevoit să porneşti chiar de la zero şi nu găseşti magneţi, poţi crea oricând un câmp magnetic

temporar cu ajutorul electricităţii. În Capitolul 8 am văzut cum se poate construi o baterie rudimentară, bazată pe două straturi alternative alcătuite din metale diferite. Curentul produs astfel va trece printr-un fir de cupru înfăşurat în spirală, obţinând în felul acesta un electromagnet capabil să magnetizeze permanent orice fel de obiect de fier, precum un ac subţire necesar pentru busolă. (Dacă porneşti chiar de la zero, consultă Capitolul 6 pentru a vedea cum se topesc metalele.).

Busola îţi poate indica atât direcţia în care te îndrepţi, cât şi locul în care te afli, dacă o asociezi cu o hartă făcută anterior şi cu puncte de reper geografice. Dar ce-ar fi să te foloseşti de un sistem mai general de a ţi determina poziţia în orice punct de pe suprafaţa Pământului? Se dovedeşte că soluţiile la cele două probleme abordate în acest capitol – *Cât e ceasul?* şi *Unde mă aflu?* — se întrepătrund mai profund decât ţi-ai putea închipui.

Pentru a-ţi determina poziţia, trebuie mai întâi să concepi un sistem de adrese unice pentru toate punctele de pe glob. Nu e greu să spui că un lac se află la cinci kilometri sud-vest faţă de oraşul tău, dar cum localizezi o insulă nou descoperită, sau zona pe care o străbaţi acum în mijlocul oceanului? Ai nevoie de un sistem de coordonate ce se aplică la nivelul planetei.

Este relativ uşor să te descurci prin New York, oraş

cu o reţea de străzi clar delimitate. Bulevardele sunt orientate în direcţia nord-est, iar străzile le intersectează în unghi drept, majoritatea fiind numerotate. E floare la ureche să ajungi oriunde în Manhattan: mergi pe bulevard până la intersecţia cu strada pe care o cauţi, apoi o iei pe stradă până la destinaţie. O adresă din centrul Manhattanului se poate rezuma la indicarea unei intersecţii: Strada 23 cu Bulevardul 7. Dacă toată lumea obişnuieşte să spună întâi numărul străzii, nu-ţi mai trebuie decât o pereche de numere: 23,7 sau 4, Broadway. O adresă reprezintă aici mai mult decât o descriere: este o pereche de coordonate care se intersectează într-un punct fix din oraş. Iar, dacă te uiţi la numele străzilor afişate în intersecţii pentru a-ţi verifica poziţia pe care o ai în acel moment în oraş, vei putea determina instantaneu cel mai scurt traseu spre destinaţie.

Un sistem similar de coordonate funcţionează la scara întregului Pământ. Planeta noastră este o sferă aproape perfectă, a cărei axă de rotaţie defineşte doi poli, ecuatorul descriind o linie circulară la mijloc. Datorită geometriei lui sferice, acest glob poate fi subdivizat cu ajutorul unor linii ce nu sunt separate potrivit unor distanţe regulate, ca în cazul unui oraş ideal, ci potrivit unor unghiuri regulate. Imaginează-ţi că trasezi de la Polul Nord o linie ce traversează

planeta până la Polul Sud, pe urmă încă una la 10° faţă de prima şi tot aşa până când completezi 360°, adică un cerc întreg. În mod asemănător, poţi porni de la ecuator, deja definit drept cercul care înconjoară Pământul la distanţă egală faţă de cei doi poli, descriind cercuri cu rază din ce în ce mai mică, dispuse la 10° distanţă între ele şi în unghi drept faţă de axa polilor.

Liniile care înconjoară Pământul pe la poli se numesc linii de longitudine, iar cele dintre ecuator şi poli sunt linii de latitudine, cele două grupuri intersectându-se în unghi de 90°. Aproape de „centura" lumii, coordonatele latitudine-longitudine vor semăna cu reţeaua de tip străzi-bulevarde de pe suprafaţa plană a Manhattanului, reţea pe care geometria sferică a Pământului o va distorsiona din ce în ce mai mult spre poli. La fel ca în cazul străzilor din Manhattan, va trebui să stabileşti puncte de pornire la care să raportezi coordonatele numerotate. Ecuatorul echivalează în mod evident cu zero grade latitudine, dar nu există nicăieri un corespondent natural în cazul longitudinii care să marcheze acelaşi grad; faptul că folosim Greenwich, din apropiere de Londra, ca „meridian de origine" reprezintă o pură convenţie istorică.

Pentru a stabili în ce loc te afli pe planetă folosind

acest sistem de orientare universală, este suficient să determini câte grade la sud sau la nord te separă de ecuator (adică latitudinea) şi câte grade la est sau la vest te separă de meridianul de origine (adică longitudinea). GPS-ul instalat pe telefonul meu îmi spune chiar acum că mă aflu la 51,56°N, 0,09°V (sunt în nordul Londrei, nu departe de Greenwich).

Aşadar, întrebarea pe care ne-am pus-o iniţial – cum să ne deplasăm în lume între două locuri cunoscute? — se împarte în două probleme: cum determin latitudinea şi longitudinea la care mă aflu.

Latitudinea este destul de uşor de stabilit, având în vedere că cerul înstelat al nopţii este plin de informaţii. Steaua Polară, centrul nemişcat al bolţii înstelate, se află fix deasupra Polului Nord, ceea ce îţi spune că distanţa unghiulară pe care o ai faţă de ecuator este egală cu unghiul dintre acest pol şi orizont. Prin urmare, determinarea latitudinii la care te afli se traduce prin măsurarea elevaţiei anumitor stele.

Cel mai simplu este să construieşti cu cvadrant de navigaţie cu ce găseşti la îndemână. Trasează pe arcul curbat al unui sfert de cerc din carton sau din lemn subţire o scară unghiulară subdivizată de la 0 la 90°. Pune două piese găurite la capetele uneia dintre marginile drepte, astfel încât să poţi vedea prin ele o ţintă, şi fixează de colţ un fir cu plumb care să atârne

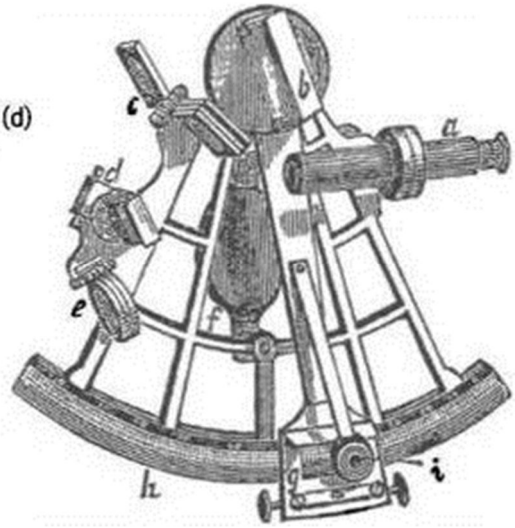
drept în jos şi să indice unghiul de elevaţie pe scară. Deşi nu-i foarte complicat, un astfel de dispozitiv elementar îţi va permite să localizezi Steaua Polară şi astfel să descoperi latitudinea la care te afli pe Pământ cu o precizie de câteva grade – adică să determini cu o aproximaţie de câteva sute de kilometri la ce distanţă nordică te situezi faţă de ecuator.

Un instrument mult mai elegant şi mai precis a fost dezvoltat în anii 1750 şi este în continuare folosit ca instrument de navigaţie de rezervă, în caz de întrerupere a curentului sau de pierdere a semnalului GPS. Sextantul, bazat pe un arc egal cu o şesime de cerc – de unde şi-a primit numele, acest instrument fiind precedat de cvadrant şi de octant –, poate măsura unghiul dintre oricare două obiecte. Fiind foarte folositor mai ales pentru navigaţie, sextantul poate măsura foarte precis unghiul de elevaţie în raport cu orizontul avut de soare, de Steaua Polară sau de oricare alte stele. Proiectul unui astfel de dispozitiv atât de util este uşor de reprodus, iar, după ce proaspăta civilizaţie va reînvăţa să dea formă metalului, să şlefuiască lentile şi să fabrice oglinzi, vei avea deja tehnologiile necesare pentru a construi un sextant.

Cadrul sextantului este un sector de cerc de 60°, un fel de felie de pizza ţinută vertical, cu vârful spre cer. Pe el atârnă un braţ rotativ cu vârf pivotant, ce ajunge

până la o scară gradată înscrisă pe marginea curbată. Elementul-cheie al sextantului îl reprezintă o oglindă argintată doar pe jumătate, montată pe marginea din faţă, astfel încât operatorul să poată vedea printr-o parte a ei. O altă oglindă poziţionată în unghi pe pivotul braţului reflectă imaginea obiectului către care este îndreptat instrumentul spre oglinda pe jumătate argintată, astfel încât operatorul să poată vedea ambele imagini.

Sextantul, cu lunetă (a), oglindă pe jumătate argintată (d) şi scară gradată angulară (h).



Pentru a folosi sextantul, priveşte prin mica lunetă şi înclină instrumentul în aşa fel încât să îl aliniezi cu orizontul văzut prin jumătatea neargintată a oglinzii. Apoi roteşte braţul până când imaginea reflectată a soarelui sau a oricărei alte stele luate ca reper coboară şi pare să stea chiar pe linia orizontului (între oglinzi se

pot introduce bucăţi de sticlă înnegrite, pentru a reduce strălucirea). Braţul mobil indică acum pe scara de jos unghiul de elevaţie.

După ce vei învăţa configuraţia cerului şi vei alcătui tabele cu poziţiile celor mai strălucitoare stele în diferite perioade de timp, te vei putea folosi de oricare dintre ele pentru a determina latitudinea, chiar dacă Steaua Polară nu se vede. Iar, după ce vei consemna înălţimea soarelui la amiază pentru date şi latitudini diferite, vei putea folosi sextantul şi calendarul ca să descoperi la ce latitudine te afli chiar şi în timpul zilei. După ce vei învăţa să-l descifrezi, cerul va deveni o unealtă multifuncţională fantastică – fiind deopotrivă busolă şi ceas pentru determinarea orei locale.

Mai există o coordonată necesară pentru a stabili unde te afli: longitudinea, care însă nu poate fi determinată cu aceeaşi uşurinţă. Este greu să te foloseşti de cer pentru a afla la ce distanţă te situezi faţă de meridianul de origine, din simplul motiv că rotaţia Pământului te împinge constant în această direcţie. Ca să extind la maximum analogia cu străzile newyorkeze, marinarii din secolul al XVII-lea şi ar fi dat seama imediat pe ce stradă sunt, dar identificarea bulevardului le-ar fi fost imposibilă Singura lor soluţie ar fi fost să înainteze după estimări – extrapolându-şi relevmentul şi viteza aproximativă şi sperând că nu vor

fi abătuţi din drum de curenţi necunoscuţi – până la latitudinea corectă, într-un punct în care să fie siguri că nu şi-au ratat ţinta, iar de acolo s-o ia spre vest sau spre est, de-a lungul latitudinii, sperând că vor ajunge la destinaţia dorită.

Pământul se învârte către est, provocând mişcarea aparentă a soarelui pe cer şi rotaţia stelelor noaptea. Poziţia soarelui ne permite să determinăm ora din timpul zilei (vezi cadranele solare, despre care am vorbit mai sus), motiv pentru care problema stabilirii longitudinii – cât de departe te afli faţă de o linie de bază aleasă – se rezumă la aflarea orelor care separă linia de bază de poziţia ta curentă. Pământul îndeplineşte o rotaţie de 360° în jurul axei sale în 24 de ore, deci o diferenţă de o oră în stabilirea amiezii echivalează cu 15° longitudine. Prin urmare, determinarea longitudinii la care te afli echivalează cu măsurarea timpului transpus în spaţiu. De fapt, probabil că ai simţit pe propria piele soluţia acestei probleme: transportul aerian de mare viteză din zilele noastre ne teleportează spre locuri îndepărtate, cu ore locale foarte diferite, înainte ca propriul corp să se adapteze. Până la apariţia GPS-ului, navigatorii foloseau acelaşi principiu care stă la baza oboselii pricinuite de schimbarea de fus orar!

Aşadar, pentru a identifica a doua coordonată, poţi

folosi sextantul. Acest instrument îţi permite să determini ora locală a regiunii în care te afli, pentru a o compara cu ora meridianului de origine. Dificultatea care rămâne este comunicarea acestei ore de referinţă în locuri îndepărtate de pe glob.

Problema longitudinii a fost în cele din urmă tranşată de inventarea unor ceasuri adecvate: neafectate de tangajul şi ruliul unei corăbii pe mare şi suficient de exacte vreme de luni sau ani de călătorie. În mod cert, un ceas marin nu poate avea un pendul şi un sistem acţionat de greutăţi, aceste funcţii fiind preluate de un arc. Poţi fabrica un oscilator potrivit dintr-un arc în spirală: o fâşie subţire de metal, strânsă în spirală în jurul axului unui inel cu contragreutate, care se mişcă înainte şi înapoi. Funcţia este similară cu cea a pendulului, dar forţa de revenire de la extremităţile oscilaţiei este generată de strângerea arcului înfăşurat, şi nu de gravitaţie. Un arc înfăşurat, strâns bine ca să înmagazineze energie, poate furniza şi forţa motrice necesară mecanismului de ceas. El reprezintă o sursă de energie mult mai compactă decât greutatea care cobora constant, numai că folosirea unui arc în acest fel introduce o nouă problemă, ce trebuie rezolvată la rândul ei printr-o altă invenţie. Problema este că forţa exercitată de un arc slăbeşte pe măsură ce acesta se desfăşoară şi tensiunea acumulată este eliberată. Cea

mai bună metodă de uniformizare a acestei forţe, şi, deci, de sistematizare a bătăilor ceasului, este conectarea capătului liber al arcului de un lanţ strâns în jurul unui tambur conic numit fus. În felul acesta, arcul, pe măsură ce se desfăşoară, acţionează din ce în ce mai puternic asupra extremităţii mai groase a fusului şi beneficiază astfel de o compensare a pierderii forţei printr-un efect de pârghie.

Un ceas complex, care încorporează mecanisme capabile să compenseze automat modificările de umiditate şi de temperatură (ce afectează densitatea uleiurilor lubrifiante şi elasticitatea arcurilor), este un instrument miraculos, un fel de cuşcă magică ce conservă timpul însuşi, păstrându-l asemenea unui duh în lampă.[53]

Din nefericire, dacă vrei să sari direct la această etapă în timpul reconstrucţiei civilizaţiei, îţi vei da seama că nu este întotdeauna suficient să cunoşti soluţia unei probleme. Diavolul se ascunde adesea în cele mai fine detalii, iar uneori s-ar putea să nu poţi face astfel de salturi în procesul reconstruirii unei civilizaţii

---

[53] Navele mari de explorare transportă mai multe cronometre, pentru a compensa erorile sistematice şi a asigura o minimă redundanţă. În 1831, vasul *Beagle* a fost echipat cu nu mai puţin de 22 de cronometre, pentru a asigura o navigare suficient de precisă în teritorii străine (inclusiv în insulele Galápagos, unde observaţiile făcute asupra faunei locale l-au condus ulterior pe Darwin spre revoluţionara lui teorie).

avansate. Lui John Harrison, care devenise obsedat de această idee, i-a luat aproape întreaga viaţă să proiecteze şi să construiască un ceas marin suficient de precis, fiind nevoit să inventeze între timp multe mecanisme noi, precum rulmenţi cu cilindri, care reduc drastic frecarea, sau foaia bimetalică, ce nu se dilată odată cu modificarea temperaturii.

Există deci vreo modalitate de a evita această problemă? Sigur că da. Poţi recupera un ceas mecanic sau electronic, pe care să-l sincronizezi cu ora locală atunci când pleci şi să-l foloseşti în timpul călătoriei pentru a face comparaţii cu celelalte ore locale (ce pot fi determinate în continuare cu ajutorul sextantului), în vederea aflării longitudinii curente. Dar dacă nu mai rămâne niciun ceas?

Începutul secolului al XVIII-lea se confrunta cu următoarea problemă: deşi se putea determina ora locală, nu exista nicio posibilitate de a afla ora de la Greenwich. În cele din urmă, soluţia lui Harrison a fost luarea în călătorie a unui ceas care să rămână fixat pe ora de la Greenwich, dar la fel de bine era şi dacă Greenwich putea cumva comunica ora în mod regulat tuturor ambarcaţiunilor din jurul lumii. O propunere nechibzuită a fost crearea unei reţele de nave ancorate în mijlocul oceanului, care să transmită prin salve de tun când este ora prânzului la Londra. Noi cunoaştem

însă un mijloc mult mai practic de a transmite semnale la distanţă mare: undele radio.

O civilizaţie postapocaliptică ce a parcurs o cale tehnologică diferită de a noastră ar putea să rezolve altfel navigaţia globală, dându-şi seama că o reţea rudimentară de radiouri (vezi Capitolul 10) este mai avantajoasă decât crearea de la zero a sistemelor complicate şi a mecanismelor compensatorii de care are nevoie un ceas precis. (Acest lucru va depinde, evident, de ritmul recuperării altor tehnologii – există mari diferenţe între complexitatea relativă a unui ceas cu roţi dinţate şi arcuri şi cea a componentelor unui ceas electronic.) Cu ajutorul unor staţii terestre sau a altor ambarcaţiuni, poţi transmite şi apoi retransmite ora oricărui meridian de origine în cele mai îndepărtate zone de pe glob. În felul acesta, primele stadii ale refacerii civilizaţiei ar putea să coincidă cu lansarea pe oceane a unor corăbii de lemn mânate de pânze, cu o singură diferenţă; au un fir metalic ridicat pe catargul principal pe post de antenă.

Iluminatul urban şi poluarea luminoasă produsă de civilizaţia industrializată modernă ne-a privat pe mulţi dintre noi de o relaţie apropiată cu bolta cerească. După prăbuşirea civilizaţiei, va trebui să te familiarizezi cu stelele şi să te armonizezi cu ritmul anotimpurilor. Nu este vorba despre vreun detaliu astronomic irelevant

sau ezoteric: cunoaşterea cerului înstelat îţi va permite să planifici ciclul agricol pentru a nu muri de foame şi te va ajuta să nu te rătăceşti în sălbăticie.

Cea mai mare invenţie

„Nu vom conteni cu explorarea Şi sfârşitul dibuirii pururi Va fi s-ajungem de unde-am pornit Şi să cunoaştem locu-ntâia oară."

T.S. Eliot, *Patru cvartete*[54]

În paginile acestei cărţi, am discutat multe teme importante pentru orice civilizaţie – de pildă, agricultura sustenabilă şi producerea materialelor de construcţii –, precum şi câteva tehnologii care vor deveni necesare atunci când noua societate va atinge un stadiu mai avansat de dezvoltare. Am căutat scurtături prin labirintul cunoaşterii, am prezentat posibilele tehnologii deschizătoare de drumuri şi modalităţile în care poţi sări peste etape intermediare pentru a ajunge la soluţii fezabile mai bune.

În ciuda tuturor cunoştinţelor esenţiale prezentate în acest manual, nu există certitudinea că o nouă societate va ajunge într-un stadiu avansat de dezvoltare

---

[54] Traducere de Sorin Mărculescu.

tehnologică. Multe societăţi măreţe au înflorit de-a lungul istoriei, manifestând o neasemuită bogăţie de cunoştinţe şi de pricepere tehnologică, dar majoritatea au atins la un moment dat o etapă de stagnare, un echilibru de la care nu au mai progresat, iar altele chiar s-au prăbuşit. De fapt, progresul susţinut al civilizaţiei noastre de acum reprezintă o anomalie istorică. Societatea europeană a progresat neîncetat din perioada Renaşterii, trecând prin revoluţia agricolă şi cea ştiinţifică, prin Iluminism şi revoluţia industrială şi ajungând la societatea tehnologizată, electrificată şi interconectată global în care trăim azi. Dar o astfel de traiectorie susţinută a dezvoltării ştiinţifice sau a inovării tehnologice nu este obligatorie: până şi cele mai dinamice societăţi îşi pot pierde avântul care le-a împins pe calea progresului.

Un exemplu interesant în acest sens îl reprezintă China. Vreme de mai multe secole, civilizaţia chineză era, din punct de vedere tehnologic, semnificativ superioară restului lumii. Chinezii au inventat jugul modern pentru cai, roaba, hârtia, tiparul, busola de navigaţie şi praful de puşcă – toate sunt invenţii care au schimbat lumea şi despre care am vorbit în această carte. Producătorii chinezi de textile fabricau fire cu o maşină de tors cu mai multe fusuri alimentate dintr-o singură sursă de energie, foloseau mecanisme

complexe de egrenat bumbac şi războaie de ţesut sofisticate. Aceştia extrăgeau cărbune minier şi descoperiseră cum să-l transforme în cocs, se foloseau de roţi de apă verticale şi ciocane acţionate mecanic; tot ei au folosit furnalele, cu un mileniu şi jumătate înaintea europenilor, ca să obţină fontă, pe care o transformau ulterior în fier forjat. La sfârşitul secolului al XIV-lea, China dobândise o capacitate tehnologică neîntâlnită în Europa până în secolul al XVIII-lea şi părea gata să demareze propria revoluţie industrială.

Dar, în mod surprinzător, în timp ce Europa părăsea întunericul medieval şi manifesta primele semne ale Renaşterii, ritmul progresului chinez a scăzut şi, în cele din urmă, s-a oprit. Economia Chinei a continuat să crească, în mare parte datorită comerţului intern, iar populaţia în creştere se bucura de un standard de viaţă mai bun. Dar nu a mai cunoscut niciun fel de progres tehnologic, iar unele inovaţii chiar s-au pierdut. După încă trei secole şi jumătate, Europa ajunsese din urmă China, iar în Marea Britanie începuse revoluţia industrială.

Aşadar, ce anume a declanşat acest proces în Marea Britanie a secolului al XVII-lea, şi nu în China secolului al XIV-lea sau în vreo altă ţară europeană din aceeaşi epocă? De ce *acolo* şi de ce *atunci?*

Revoluţia industrială a determinat sporirea eficienţei

producţiei textile – prin mecanizarea războiului de ţesut şi prin transformarea acestor activităţi de origine casnică în filaturi de bumbac centralizate precum şi progresul în producţia de fier şi în exploatarea energiei produse de maşinile cu abur. Pe măsură ce industrializarea a câştigat teren, procesul a început să se autoalimenteze şi transformarea s-a accelerat: motoare cu abur bazate pe arderea cărbunelui au permis extragerea unei cantităţi şi mai mare de cărbune, care a alimentat apoi furnalele şi a permis producerea unor cantităţi mai mari de fier şi de oţel, acestea permiţând la rândul lor producerea mai multor motoare cu abur şi a altor utilaje. Dar condiţiile care au făcut posibil acest lucru au fost destul de specifice. Deşi pentru construirea unor dispozitive care să uşureze munca omenirii era nevoie de o anumită pricepere inginerească şi metalurgică, nu cunoaşterea a fost cea care a declanşat revoluţia industrială, ci un anumit mediu socio-economic.

Fabricarea unui utilaj complex – prin urmare scump – sau construirea unor fabrici care să înlocuiască folosirea unor metode tradiţionale presupune existenţa un anumit avantaj. Or Marea Britanie a secolului al XVIII-lea prezenta un cumul de factori care să favorizeze avântul către industrializare. În momentul respectiv, această ţară nu numai că deţinea din

abundenţă o sursă de energie (cărbune), dar avea şi o economie care favoriza munca (salariile mari) şi rate scăzute ale dobânzilor (ce îţi permiteau să împrumuţi bani pentru finanţarea unor proiecte de anvergură). Astfel de circumstanţe au încurajat folosirea capitalului pentru schimbarea forţei de muncă: înlocuirea muncitorilor de către maşini automate de tors şi de ţesut. Situaţia economică a Marii Britanii făcea posibilă obţinerea unor profituri enorme pentru primii industriaşi, iar de aici s-a născut dorinţa de a investi în utilaje. Pe de altă parte, China sfârşitului de secol XIV, în ciuda existenţei minelor de cărbune, a furnalelor alimentate cu cocs şi a fabricilor mecanizate de textile, nu oferea condiţiile favorabile apariţiei unei revoluţii industriale. În această ţară, forţa de muncă era ieftină, iar cei care doreau industrializarea nu se puteau aştepta decât la beneficii minore de pe urma inovaţiilor ce sporeau eficienţa producţiei.

Prin urmare, cu toate că progresul civilizaţiei are nevoie de cunoaştere ştiinţifică şi de capacitate tehnologică, aceste elemente nu sunt întotdeauna suficiente. Dacă o societate postapocaliptică va reveni la un mod de viaţă fundamental pastoral, nu există nicio garanţie că va trece în cele din urmă printr-o revoluţie industrială 2.0, chiar dacă ar deţine toată cunoaşterea esenţială furnizată de această carte; până la

urmă, înflorirea cercetării ştiinţifice şi inovaţiile adoptate depind de anumiţi factori sociali şi economici. Am presupus de-a lungul acestei cărţi că supravieţuitorii dintr-o societate postapocaliptică vor dori să progreseze spre o viaţă industrializată, parcurgând un drum asemănător cu al nostru. Nu voi discuta acum dacă şi în ce fel tehnologia face sau nu oamenii mai fericiţi, dar mi se pare corect să cred că o comunitate care se luptă pentru supravieţuire şi nu are acces la o îngrijire medicală adecvată va aprecia la justa lor valoare beneficiile de care s-ar bucura în urma aplicării principiilor ştiinţifice. Dar care este momentul de vârf dincolo de care orice altă inovaţie începe să nu mai fie profitabilă pentru o civilizaţie aflată în progres tehnologic? Poate că o astfel de civilizaţie va ajunge la un echilibru tehnologic în care nici nu avansează, nici nu regresează după ce îşi va asigura o economie stabilă, o populaţie suficientă şi capacitatea de a se susţine din resurse naturale.

Metoda ştiinţifică

Desigur, această carte nu este un compendiu al tuturor informaţiilor necesare pentru reconstruirea lumii de la zero. Există multe subiecte care nu au fost discutate. Ne-am concentrat în special pe chimia

anorganică, folositoare pentru producerea îngrăşămintelor sau a reactivilor chimici, şi mai puţin pe sinteza sau transformarea moleculelor organice. În ultimul secol, chimia organică a devenit din ce în ce mai importantă, permiţând procesarea fracţiilor petroliere, purificarea şi transformarea compuşilor farmaceutici naturali în produse mai puternice, sintetizarea pesticidelor şi erbicidelor pentru asigurarea unei producţii agricole mai eficiente şi crearea unei ramuri complet noi de materiale cu alte proprietăţi faţă de ce găsim în natură, şi anume masele plastice.

Am discutat despre biologie cu scopul a arăta cum se pot creşte anumite specii de animale sau de plante şi cum se poate controla înmulţirea microorganismelor pentru a-ţi asigura hrana şi sănătatea. Dar nu am explorat detaliile vieţii la nivel molecular: de ce avem nevoie să inspirăm oxigen şi să expirăm dioxid de carbon, de pildă, în timp ce plantele absorb dioxidul de carbon şi se folosesc de energia luminii solare.

Am lăsat deoparte o mare parte din ştiinţa materialelor şi tehnicilor inginereşti şi am discutat doar în treacăt elementele aflate la baza universului: structura atomului şi cele patru forţe fundamentale. Nu toţi atomii sunt stabili, iar radioactivitatea oferă posibilitatea apariţiei unei arme teribil de

distrugătoare, dar şi a unei surse paşnice de energie; şi mai permite aproximarea vârstei planetei prin posibilitatea de a arunca o privire în profunzimea timpului. În ce priveşte ştiinţele Pământului, n-am luat în considerare teoria plăcilor tectonice, şi anume ideea stupefiantă potrivit căreia uriaşele continente ale planetei noastre plutesc pe suprafaţa globului asemenea frunzelor pe luciul unui lac bătut de vânt, uneori ciocnindu-se pentru a forma lanţuri muntoase. Înţelegerea profundă că lumea s-a schimbat extrem de mult într-o perioadă îndelungată este obligatorie pentru a pricepe evoluţia speciilor, ce se desfăşoară prin transmiterea unor modificări minuscule de la o generaţie la alta. Toate aceste lucruri reprezintă germeni ai cunoaşterii pe care o societate emergentă va trebui să-i dezvolte prin cercetare înainte de a ajunge la informaţiile pe care le posedă lumea actuală.[55]

Aşadar, cum poate face o nouă societate descoperiri

---

[55] Nu mă îndoiesc că multe persoane care au citit această carte au rămas surprinse că am lăsat deoparte anumite informaţii considerate de ele importante. Am încercat, pe cât posibil, să acopăr cunoaşterea pe care am considerat-o indispensabilă pentru repornirea civilizaţiei. O civilizaţie funcţională tehnologic poate fi construită şi fără a cunoaşte evoluţia omului sau planetele din sistemul solar, dar nu şi fără a şti cum se menţine fertilitatea terenurilor agricole sau cum se produc indispensabilele alcalii. Dar aş vrea să aflu, prin intermediul site-ului The-Knowldege. org, ce consideraţi că este indispensabil pentru accelerarea refacerii civilizaţiei pornind de la zero.

de una singură? Care sunt instrumentele ce o ajută să sondeze din nou lumea?

Continuând abordarea din capitolul anterior, să ne întoarcem la elementele de bază şi să expunem cea mai eficientă strategie ce ne permite să generăm de unii singuri noi cunoştinţe: ştiinţa.

Toată cercetarea ştiinţifică se bazează pe presupunerea că universul este în esenţă mecanic, că toate componentele lui interacţionează pe baza unor legi care îl guvernează, şi nu după bunul-plac al unor divinităţi capricioase. Aceste legi fundamentale pot fi descoperite cu ajutorul gândirii raţionale bazate pe experienţă şi observaţie. Ştiinţa este o activitate cu precădere empirică şi totul trebuie, în principiu, să fie controlat şi verificat independent. Concluziile tale nu se pot baza numai pe logică şi nici nu poţi accepta fără spirit critic afirmaţiile unor autorităţi trecute sau prezente (nici măcar cele din cartea pe care o ai în mână acum). Aşadar, dacă vrei să te foloseşti de potenţialul lumii înconjurătoare, dacă vrei să creezi obiecte sau tehnologii care să exploateze anumite efecte particulare, trebuie mai întâi să capeţi o înţelegere deplină a legilor naturale – înţelegere la care ajungi doar prin observarea lumii şi prin identificarea unor tipare ale funcţionării ei. Tot atât de importantă este şi observarea apariţiei eventualelor abateri de la tiparul

aşteptat: anomalii care dau la iveală noi fenomene naturale – de pildă, acul busolei care tresaltă în apropierea unui fir electric sau aureola lipsită de bacterii din jurul unei pete de mucegai. Pentru asta, ai nevoie de abilitatea de a măsura anumite aspecte ale naturii, astfel încât să le poţi compara între ele şi să le urmăreşti evoluţia în timp.

Prin urmare, fundamentul absolut al ştiinţei este proiectarea şi construirea atentă a unor instrumente care să facă măsurători, precum şi a unor unităţi în care aceste măsurători să poată fi exprimate. De exemplu, un băţ drept marcat cu crestături regulate este cel mai simplu tip de instrument: o riglă ce poate măsura lungimea. Dar, pentru a comunica altcuiva mărimea unui obiect măsurat lung de şase crestături, trebuie ca respectiva persoană să ştie ce unitate de măsură se foloseşte – adică spaţiul exact dintre două crestături. Prin urmare, cheia recuperării ştiinţei de la zero constă în crearea unui set de unităţi de măsură. O societate postcataclismică va avea indubitabil nevoie de un astfel de sistem. Printre funcţiile de bază ale civilizaţiei se numără marcarea distanţelor pentru construcţii sau deplasare, măsurarea cantităţii de fluid dintr-un vas sau cântărirea unui produs solid în vederea comerţului, administrarea şi taxarea terenurilor agricole, precum şi sincronizarea diferitelor activităţi civice de pe

parcursul zilei. Lungimea, volumul, greutatea şi timpul sunt proprietăţi fundamentale, pe care le cunoaştem în mod nemijlocit prin intermediul simţurilor, fiind astfel uşor de cuantificat. Există şi alte proprietăţi pe care le recunoaştem cu ajutorul simţurilor, precum căldura sau furnicătura produsă de un curent electric, dar avem nevoie de instrumente speciale pentru a le măsura.

Instrumentele ştiinţei

Majoritatea societăţilor îşi inventează propriul sistem de măsură pentru distanţă, volum şi greutate. Cele mai multe dintre unităţile adoptate sunt la scară umană şi sunt relevante pentru viaţa cotidiană: un kilogram reprezintă doi pumni de carne sau de grâne, în timp ce secunda este unitatea de timp ce corespunde unei bătăi a inimii. Într-adevăr, multe unităţi tradiţionale s-au bazat pe dimensiuni ale corpului, de exemplu cotul, degetul, braţul şi mila (o mie de paşi). Aceste unităţi sunt problematice nu doar pentru că variază de la persoană la persoană, ci şi pentru că presupun uneori factori de conversie extrem de alambicaţi: în sistemul anglo-saxon, de exemplu, mila este echivalentă cu 1760 de yarzi, 5280 de picioare sau 63.360 de ţoli. În mod ideal, vei dori restabilirea unui ansamblu standardizat de unităţi interconectate, care să încorporeze o scară

ierarhică uşor de întrebuinţat.

Sistemul folosit azi de întreaga comunitate ştiinţifică mondială şi, cu unele excepţii, de lumea comercială şi de administraţiile naţionale este sistemul metric, introdus în anii 1790, în perioada înflăcărării ce a urmat Revoluţiei Franceze.[56]

Acest sistem internaţional defineşte doar şapte unităţi de bază, printre care se numără cele care exprimă lungimea, masa, timpul şi temperatura; celelalte decurgând în mod natural din combinaţiile acestora. Multiplii mai mici sau mai mari ai unităţii de bază sunt generaţi în limitele bazei zece şi se indică folosind un prefix comun acceptat. De exemplu, unitatea standard de măsurare a lungimii este metrul, iar obiectele mai mici sunt descrise ca părţi ale metrului – un centimetru înseamnă a suta parte, iar un milimetru, a mia parte dintr-un metru –, în timp ce obiectele mai mari sunt multipli – un kilometru înseamnă o mie de metri.

---

[56] Singurele ţări care n-au adoptat pe deplin acest sistem sunt SUA şi Marea Britanie, unde mai supravieţuiesc unităţi de măsură vetuste: distanţa se măsoară în mile, vitezometrele maşinilor afişează tot mile, iar băuturile de la localurile publice sunt servite cu *pinta.* Motivul este de ordin istoric: Napoleon a exclus ţările vorbitoare de limbă engleză de la congresul din 1798, care încuraja adoptarea internaţională a noului sistem metric; britanicii tocmai scufundaseră flota franceză în Bătălia de la Abukir (Bătălia Nilului), aşa că n-au fost invitaţi la „petrecere”.

A doua unitate fundamentală de măsură este cea a timpului: secunda. Prin combinarea acestor două proprietăţi de bază, poţi obţine multe alte unităţi de măsură. Dacă înmulţeşti două distanţe (de exemplu, lungimea şi lăţimea unui câmp dreptunghiular), vei obţine o suprafaţă, care este astfel întotdeauna exprimată prin unităţi ridicate la pătrat. Dacă înmulţeşti trei dimensiuni, obţii un volum, cu unităţi de lungime ridicate la cub. Împărţirea unei cantităţi la unitatea de timp ne arată cât de rapid variază aceasta, obţinând o rată a schimbării. Prin urmare, împărţirea unei distanţe la timp ne oferă unitatea de măsură a vitezei: de exemplu, kilometrul pe oră; iar, dacă împărţim din nou această unitate la timp, aflăm cât de rapid un lucru câştigă sau pierde viteză: acceleraţia şi deceleraţia. Aceste unităţi pot fi combinate la niveluri de derivare mai complexe, pentru a descrie şi alte proprietăţi fizice. Unitatea fundamentală de măsurare a masei este kilogramul, iar densitatea unui corp – care indică dacă acel corp va pluti sau se va scufunda – se află împărţind masa la volum. Înmulţirea masei cu viteza măsoară impulsul şi energia unui obiect în mişcare.

Cum ai putea reconstitui acest sistem de măsuri şi de unităţi pornind de la aceste principii de bază şi fără a avea la îndemână vase gradate, greutăţi de cântar,

ceasuri funcţionale şi termometre?

Dacă foloseşti metrul ca unitate de bază iniţială, poţi dezvolta pornind de la el multe alte unităţi. Construieşte un recipient în formă de cub, cu fiecare latură interioară lungă de exact 10 centimetri (o zecime de metru). Volumul intern al acestui recipient este de 1000 cm^3, sau un litru. Umple-l cu apă distilată rece şi vei avea exact un kilogram de apă. Cu o balanţă bine construită (la nevoie, atârnă un băţ drept şi solid direct în punctul de mijloc), poţi folosi acest litru de apă pentru a obţine orice fracţie sau multiplu al acestei unităţi, mutându-i masa mai aproape sau mai de parte de ax. Pentru a încorpora în ecuaţie şi timpul, foloseşte pendulul despre care am vorbit în capitolul precedent. Lungimea unui pendul căruia îi ia o secundă să se mişte în oricare direcţie (adică are o semiperioadă de o secundă) este de 99,4 centimetri, iar, dacă vei folosi un pendul de un metru, vei obţine o eroare de doar 3 milisecunde – de o sută de ori mai puţin decât un clipit.[57] Prin urmare, pornind doar de la metru, poţi

---

[57] De fapt, din punct de vedere istoric, se argumentase în sens invers: în secolul al XVII-lea s-a propus ca metrul să fie definit drept lungimea unui pendul cu o semiperioadă de exact o secundă. Din acest motiv, cuvântul „metru" se referă şi la ritmul poeziei sau al muzicii Propunerea a fost însă abandonată în favoarea unei alternative bazate pe dimensiunile Pământului, datorită influenţelor pe care le au asupra pendulului variaţiile locale ale forţei gravitaţionale de la suprafaţa planetei.

reconstrui unităţile de măsură pentru volum (litrul), pentru masă (kilogramul) şi pentru timp (secunda).

Dar cum poţi defini lungimea unui metru pentru supravieţuitorii de după apocalips, în aşa fel încât să poată dezvolta restul unităţilor de măsură pornind de la el? Ei bine, pornind de la linia desenată pe pagina alăturată, care are exact 10 centimetri lungime, poţi reconstrui celelalte unităţi de măsură.

Toate cantităţile despre care am vorbit până acum pot fi măsurate cu instrumente foarte simple – o riglă gradată sau o balanţă –, dar cum poţi născoci de la zero o măsură etalon sau un instrument care să măsoare valori fizice mai puţin tangibile, precum presiunea sau temperatura? Principiile generale necesare pentru proiectarea unor instrumente noi sunt indispensabile în cercetarea ştiinţifică a funcţionării lumii, mai ales atunci când întâlneşti din întâmplare fenomene noi şi ciudate, pe care vrei să le înţelegi.

Unul dintre primele instrumente ştiinţifice pe care va trebui să-l inventezi este strâns asociat cu observaţia deconcertantă (pomenită în Capitolul 8) potrivit căreia o pompă nu poate niciodată ridica apa mai mult de zece metri. Umple un tub lung cu apă, astupă-l la ambele capete şi apoi atârnă-l de un turn înalt. Introdu capătul de jos în apă şi destupă-l. Datorită gravitaţiei, apa va începe să se scurgă, dar nu în totalitate. Vei

descoperi că, indiferent în ce fel repeţi experimentul, coloana de apă rămasă măsoară în totdeauna 10,5 metri (ciudat este că aceasta reprezintă adâncimea maximă de la care o pompă poate scoate apă dintr-un puţ). După scurgerea apei, vei observa că la capătul de sus al tubului va rămâne un spaţiu gol, pe care aerul nu a reuşit să-l ocupe: un vid. Greutatea coloanei de apă este susţinută de forţa exercitată în partea inferioară de un ocean invizibil de aer: atmosfera. Schimbările în presiunea mediului înconjurător se reflectă în creşterea sau scăderea înălţimii coloanei de apă; ceea ce înseamnă că ai obţinut un instrument eficient de măsurare a presiunii. Folosirea unui lichid mai dens permite obţinerea unui barometru mai practic, presiunea atmosferică echivalând doar cu 76 centimetri de mercur (spre deosebire de cei peste 10 metri întâlniţi în cazul apei).

Un astfel de barometru poate fi construit folosind orice fel de tub de sticlă – iar eleganţa acestui aranjament constă în faptul că diametrul tubului folosit nu influenţează măsurătoarea (câtă vreme rămâne constant pe toată lungimea sa). Cu cât coloana de mercur este mai groasă, cu atât forţa greutăţii care o trage în jos este mai mare, dar ea este perfect compensată de creşterea forţei presiunii atmosferice, care împinge coloana în sus; asta înseamnă că un

barometru cu mercur îţi va oferi acelaşi rezultat indiferent de detaliile alcătuirii lui.

Imediat ce un nou instrument este disponibil, el oferă mijloace fără precedent de cercetare a lumii şi duce deseori la noi descoperiri. De exemplu, dacă urci pe munte cu noul tău barometru, vei descoperi cum se schimbă presiunea atmosferică în raport cu creşterea altitudinii; sau îl poţi consulta în condiţii meteorologice diferite, pentru a identifica tipare şi corelaţii între micile fluctuaţii ale presiunii şi starea vremii. Medicii înregistrează şi azi presiunea sângelui în unităţi asociate cu înălţimea coloanei de mercur: în jur de 80 mmHg între două bătăi de inimă reprezintă o valoare normală.

Măsurarea temperaturii cere ceva mai multă ingeniozitate. Simţurile sunt cele care ne indică temperatura lucrurilor din jurul nostru: putem simţi dacă un obiect este fierbinte sau rece. Dar cum să construieşti un dispozitiv care să poată măsura o astfel de experienţă subiectivă, care să cuantifice temperatura? Pentru asta trebuie să cauţi efecte fizice care se corelează cu propriile senzaţii: de exemplu, multe substanţe se dilată pe măsură ce devin mai fierbinţi. Pasul următor este să construieşti un dispozitiv menit să exploateze exact acest fenomen fizic şi să ofere astfel o reprezentare obiectivă a

temperaturii. Poţi să construieşti un dispozitiv rudimentar sensibil la căldură dintr-un tub subţire de sticlă, umplut parţial cu un lichid şi sigilat la ambele capete: un astfel de aranjament face vizibil efectul de dilatare. Lipeşte-l apoi de o riglă şi vei vedea că înălţimea coloanei de lichid oferă o evaluare a temperaturii mediului înconjurător. În felul acesta, vei putea compara obiectele între ele independent de propria percepţie subiectivă.

Dar înălţimea lichidului observată la temperaturi diferite şi măsurile pe care le vei obţine vor depinde de dimensiunile şi de alte particularităţi ale instrumentului (spre deosebire de cazul barometrului rudimentar descris mai sus), ceea ce înseamnă că nu vei putea compara rezultatele obţinute cu cele arătate de alt instrument Ai nevoie de o scară standardizată, pe care să o folosească toate instrumentele. Iar pentru a realiza acest lucru trebuie să determini anumite puncte de referinţă: evenimente sau stări ale materiei care se produc de fiecare dată la exact aceeaşi temperatură, având astfel rol de etalon termometrie. Fundamentarea scării de temperatură pe stările apei pare firească, din moment ce schimbările suferite de această substanţă se petrec într-un interval observabil şi relevant pentru viaţa cotidiană. Din momentul în care stabileşti un punct minim şi unul maxim pentru un interval de

temperatură, este simplu să trasezi restul subdiviziunilor, astfel încât să poţi grada temperatura în termenii doriţi. Scara Celsius foloseşte ca repere fixe punctul îngheţării şi cel al fierberii apei, primul echivalând cu o, iar cel de-al doilea cu 100 de grade.[58] Dacă vei folosi mercur în loc de apă, vei observa că acesta se dilată mai uniform, ceea ce permite fabricarea unor termometre mai precise. Pentru termometre capabile să funcţioneze la temperaturi mai mari decât punctul de fierbere al mercurului – cele dintr-un cuptor sau dintr-un fumai, de exemplu –, va trebui să exploatezi alte fenomene fizice. Cercetările din domeniul electricităţii, de exemplu, îţi vor arăta că rezistenţa unui fir creşte de cele mai multe ori odată cu temperatura.

Metoda ştiinţifică (continuare)

Acesta este procesul fundamental de concepere a unor metode eficiente de măsurare a oricăror proprietăţi. Odată cu descoperirea unor noi fenomene naturale, vor apărea şi noi domenii de cercetare

---

[58] De fapt. din moment ce procesul de fierbere depinde de alţi factori, precum faptul că rugozitatea vasului influenţează producerea bulelor, un reper standard mai consecvent ar fi temperatura norului saturat de vapori la presiune atmosferică normală.

ştiinţifică. Mijloacele de izolare şi de măsurare a atributelor acestor fenomene trebuie descoperite înainte de a putea fi înţelese şi exploatate pentru diverse aplicaţii ştiinţifice. De exemplu, în momentul descoperirii întâmplătoare a electricităţii, cercetătorii s-au străduit să măsoare proprietăţile noului fenomen recurgând la aprecierea subiectivă a intensităţii şocului pe care îl resimţeau. Dar, pe parcursul cercetării acestui fenomen, au fost observate anumite efecte repetabile, ce puteau fi măsurate: de exemplu, capacitatea de a mişca un ac pe cadranul unui ampermetru. Aceste instrumente ştiinţifice nu sunt doar dispozitive de laborator; ele sunt şi termometrul cu care măsori temperatura copilului, contorul care arată câtă energie electrică ai consumat acasă, seismometrul care anunţă un cutremur sau spectrometrul medical care-ţi analizează sângele.

Aceste instrumente de măsurare, alături de unităţile standardizate de care se folosesc, reprezintă unelte de bază ale ştiinţei. Cunoaşterea lumii poate fi acumulată prin cercetarea ei amănunţită sau, şi mai bine, prin pregătirea cu grijă a condiţiilor necesare studierii detaliate a aspectelor sale particulare. Aceasta este esenţa unui experiment.

Un experiment este o modalitate artificială de a limita o situaţie, de a elimina factorii care perturbă studiul

anumitor caracteristici ale fenomenului studiat. În felul acesta, cercetătorul îi adresează universului o întrebare clar formulată şi aşteaptă cu nerăbdare să vadă cum răspunde. Experimentul este o modalitate de a obliga natura să se prezinte în aspecte clar definite. În momentul în care ai eliminat toate aspectele perturbatoare şi te concentrezi doar asupra unei caracteristici, poţi trece apoi de la una la alta, interogând în mod sistematic întregul ansamblu, până când înţelegi felul în care părţile lui se armonizează între ele.

În afară de instrumentele care prelungesc simţurile omeneşti şi măsoară rezultatele unor tipuri diferite de teste – adică termometrul, microscopul sau magnetometrul –, scenariul unui experiment bine controlat are nevoie deseori de dispozitive noi: un echipament ştiinţific special conceput pentru a crea condiţiile specifice necesare studiului pe care-l întreprinzi. Un aspect la fel de important este acela că rezultatele observaţiilor şi ale experimentelor trebuie înregistrate numeric, transformând descrierile calitative ale fenomenelor studiate în date cantitative precise. Pe lângă folosirea enumerării în vederea comparării exacte a rezultatelor, descrierea detaliată a comportamentului şi a tiparelor naturii, precum şi a raporturilor dintre părţile sale, poate fi operată cu

ajutorul limbajului matematicii. O ecuaţie reprezintă rezumatul unei realităţi complexe, adică exact esenţa ei. Ceea ce îţi permite să anticipezi rezultatul unor noi fenomene, anterior neobservate; cu alte cuvinte, poţi face predicţii precise.[59]

Dar, dincolo de observaţiile atente, de experimentele complexe şi de ecuaţiile condensate, esenţa absolută a ştiinţei este aceea că ne oferă un mecanism pe baza căruia să decidem care explicaţie are mai multe şanse să fie cea corectă. Orice persoană cu imaginaţie poate crea o poveste care să relateze cu acurateţe cum funcţionează lumea: de unde vine ploaia, ce se întâmplă atunci când arde ceva sau de ce are leopardul pete. Dar, câtă vreme nu deţii un instrument pe baza căruia să filtrezi aceste poveşti, ele rămân doar nişte amuzamente, nişte speculaţii.

Pe baza unei cunoaşteri anterior stabilite, oamenii de ştiinţă propun povestea cea mai plauzibilă, numită ipoteză, şi planifică experimente menite să testeze diferite predicţii ale acestei poveşti – adică pun la încercare ipoteza în mod sistematic, pentru a verifica în

---

[59] Matematica este un subiect pe care nu l-am aprofundat în această carte. Calculele sunt în mod clar importante pentru conceperea unor dispozitive mecanice, iar matematica reprezintă limbajul în care se exprimă legile fizicii, însă explicarea principiilor acesteia atinge un nivel de complexitate pe care nu mi l-am propus aici.

ce fel funcţionează sau pentru a alege dintre mai multe propuneri concurente. Dacă ipoteza rezistă în mod repetat în faţa experimentelor şi a observaţiilor, atunci devine o teorie bine fundamentată, pe care ne putem baza pentru a explica alte aspecte necunoscute. Chiar şi aşa, nicio teorie nu este de neatins: ea poate fi ulterior răsturnată, eventual pe baza unor informaţii noi, care nu o confirmă, şi înlocuită cu o altă explicaţie, ce se potriveşte mai bine cu datele obţinute. Esenţa ştiinţei constă în recunoaşterea repetată a faptului că ai greşit şi în acceptarea unui model nou, mai cuprinzător; spre deosebire de alte sisteme de credinţă, practicarea ştiinţei ne garantează că poveştile pe care ni le spunem vor deveni tot mai precise.

Astfel, ştiinţa nu ne arată *ce ştim,* ci *felul în care putem ajunge să ştim.* Nu este un produs, ci un proces, un dialog neîntrerupt între observaţie şi teorie, cel mai eficient mod de a decide care explicaţii sunt corecte şi care sunt greşite. Acest lucru face din ştiinţă un sistem deosebit de util pentru înţelegerea felului în care funcţionează lumea, un instrument puternic de generare a cunoaşterii. Iar acesta este motivul pentru care metoda ştiinţifică rămâne cea mai mare invenţie dintre toate.

Dar, în mijlocul greutăţilor unei lumi postapocaliptice, nu vei fi interesat să aduni cunoaştere

de dragul cunoaşterii, ci vei dori să o pui în practică pentru a-ţi îmbunătăţi situaţia.

Ştiinţa şi tehnologia

Punerea în practică a cunoaşterii ştiinţifice reprezintă baza tehnologiei. Principiul de funcţionare care stă la baza oricărei tehnologii exploatează un anumit fenomen natural. Ceasurile, de exemplu, folosesc descoperirea faptului că un pendul cu o anumită lungime se balansează mereu în acelaşi ritm şi că această regularitate poate fi folosită pentru a măsura timpul. Becul cu incandescenţă se bazează pe faptul că rezistenţa electrică face un fir să se încingă până la incandescenţă şi că orice obiect incandescent emite lumină. De fapt, chiar şi cele mai simple tehnologii exploatează o sumedenie de fenomene diferite, controlând şi orchestrând diversele lor efecte pentru a atinge un scop predeterminat. Noile tehnologii se construiesc invariabil pe baza celor care le precedă, împrumutând soluţii deja existente şi aplicându-le în situaţii noi. Cel mai adesea, o invenţie reprezintă o combinaţie ingenioasă de lucruri preexistente – şi am analizat deja două exemple în acest sens: presa de tipărit şi motorul cu ardere internă. Fiecare nouă tehnologie oferă o nouă funcţie sau un nou avantaj,

care poate fi la rândul lui încorporat ulterior într-o altă inovaţie: tehnica naşte tehnică.

Aşa cum am văzut pe parcursul acestei cărţi, istoria a fost neîncetat martora unei strânse interacţiuni între ştiinţă şi tehnologie. Cercetătorii descoperă un fenomen anterior necunoscut prin demonstrarea faptului că o anumită observaţie nu poate fi explicată de nici un alt fenomen cunoscut, apoi îi analizează efectele şi învaţă cum să le valorifice la maximum. Exploatarea acestor noi principii permite crearea de unelte sau alte invenţii care uşurează munca oamenilor sau le îmbogăţesc viaţa. Folosirea noilor principii permite totodată conceperea unor noi instrumente ştiinţifice şi metode experimentale, care cercetează şi măsoară natura din alte perspective, ducând la descoperiri fundamentale fără precedent. Ştiinţa şi tehnologia se află într-o strânsă relaţie simbiotică: descoperirile ştiinţifice duc la progres tehnologic, care la rândul lui permite generarea unor noi cunoştinţe.

Desigur, nu toate inovaţiile se trag direct din descoperiri ştiinţifice recente – roata de tors reprezintă soluţia practică la o anumită problemă –, iar motorul cu abur, vedeta revoluţiei industriale, a fost dezvoltat iniţial mai degrabă pe baza unei cunoaşteri empirice şi a unei intuiţii practice a inginerilor decât în urma unor considerente teoretice. În istoria noastră există exemple

de inventatori care nu au înţeles corect principiul de operare din spatele propriei creaţii, ceea ce nu înseamnă că ea nu a funcţionat. De exemplu, practica conservării alimentelor în recipiente a apărut cu mult înainte de acceptarea teoriei germenilor şi de descoperirea faptului că microorganismele alterează mâncarea.

Chiar şi cu o înţelegere ştiinţifică foarte corectă a fenomenelor implicate, obţinerea unei invenţii funcţionale cere mai mult decât o simplă inspiraţie creatoare de moment. Înainte de a putea fi pusă în practică pe scară largă, orice inovaţie reuşită are nevoie de o lungă perioadă de gestaţie, în care se aduc diferite îmbunătăţiri – este vorba despre acel 99% transpiraţie şi 1% inspiraţie despre care vorbea inventatorul american Thomas Edison. Şi în acest caz se aplică acelaşi proces de investigaţie metodică şi riguroasă care guvernează ştiinţa, chiar dacă aici nu e vorba despre analiza lumii naturale, ci a propriilor noastre proiecte artificiale, experimentele având ca obiect noua tehnologie, pentru a-i înţelege neajunsurile şi a-i îmbunătăţi eficacitatea.

Deşi supravieţuitorii apocalipsului vor aprecia importanţa înţelegerii ştiinţifice şi a analizei critice, care vor fi necesare pentru a păstra tehnologia existentă cât mai mult cu putinţă, societatea trebuie să se apere

de alunecarea în coma iraţională a superstiţiei şi a magiei, păstrându-şi curiozitatea, spiritul analitic şi preţuirea argumentelor bazate pe dovezi, pentru a putea astfel să-şi producă propria tehnologie. Aceasta este flacăra pe care supravieţuitorii trebuie s-o păstreze aprinsă. Gândirea raţională este cea care ne-a permis să ne creştem productivitatea agricolă, să stăpânim şi alte materiale în afară de beţe şi cremene, să exploatăm surse de energie mai mari decât putem produce cu propria forţă şi să inventăm mijloace de transport care ne pot duce mai departe decât propriile picioare. Ştiinţa este cea care a construit lumea modernă, şi tot de ştiinţă vom avea nevoie pentru a o reconstrui.

Concluzie

Această carte nu poate oferi decât imagini fragmentare ale uriaşei structuri alcătuite de cunoştinţele şi tehnologiile noastre actuale. Domeniile pe care le-am explorat sunt vitale pentru o cultură emergentă prin faptul că îi permit o relansare accelerată şi îi uşurează procesul de reînvăţare. Nutresc speranţa că, văzând toate aceste procese fundamentale din spatele clădirii unei civilizaţii, vei ajunge să apreciezi (la fel cum mi s-a întâmplat şi mie în timpul documentării pentru această carte) lucrurile pe care

astăzi le considerăm de la sine înţelese: mâncarea îmbelşugată şi variată, medicamentele spectaculos de eficiente, călătoriile comode şi lipsite de efort, energia din abundenţă.

Primele efecte vizibile lăsate de *Homo sapiens* asupra planetei au început să apară în urmă cu vreo 10.000 de ani, odată cu dispariţia subită a circa jumătate dintre speciile de mamifere mari de pe glob. Suntem principalii suspecţi pentru provocarea acestei extincţii, la care am contribuit în urma îmbunătăţirii tehnologiei de vânătoare, ce a dus la apariţia topoarelor de piatră şi a săgeţilor cu vârf de cremene. În următorii 10.000 de ani, pe măsură ce oamenii şi-au stabilit aşezări şi au eliberat pământul înconjurător, a avut loc o despădurire constantă în unele regiuni din jurul Mării Mediterane şi în nordul Europei. În urmă cu 300 de ani, populaţia umană a început să crească rapid şi, treptat, s-a ajuns la cultivarea fiecărui petec de teren potrivit pentru agricultură. Nu doar peisajul s-a schimbat profund, ci şi chimia întregii planete, întrucât carbonul acumulat în decursul a sute de milioane de ani a fost scos din pământ şi pompat în atmosferă cu o energie tot mai mare. Creşterea cantităţii de dioxid de carbon din atmosferă a influenţat întreaga climă a lumii, producând încălzirea globală, ridicarea nivelului mărilor şi acidificarea oceanelor. Oraşele au început să

se extindă şi să se unească aidoma coloniilor de bacterii, iar peisajul s-a umplut cu şoselele încolăcite ca nişte inele în jurul marilor regiuni urbane şi întreţesute în intersecţiile importante. Pe pământ, pe ape şi în aer a început o viermuială tot mai intensă de vehicule metalice, unele dintre ele părăsind chiar graniţa atmosferei. Pe timp de noapte, această activitate neîntreruptă este vizibilă din spaţiu, cu continentele marcate de păienjenişul luminilor artificiale – o urzeală de noduri şi linii strălucitoare.

Şi apoi... tăcere.

Reţeaua mondială de trafic se opreşte brusc, păienjenişul de lumini păleşte şi se stinge, oraşele ruginesc şi se năruie.

Cât va dura reclădirea acestor lucruri? Cât de repede se poate reface societatea tehnologică după un cataclism mondial? Cheia reconstrucţiei civilizaţiei s-ar putea afla chiar în această carte.

Mulţumiri

Deşi pe copertă apare numele meu, este de la sine înţeles că această carte n-ar fi apărut niciodată fără munca asiduă şi priceperea unui număr mare de oameni. Am să încep cu Will Francis, extraordinarul meu agent literar. Mulţumesc, Will, că mai căutat în

2008, după ce ai citit *Life in the Universe,* îţi mulţumesc pentru toată îndrumarea şi toate încurajările de după aceea şi, ca să fiu sincer, îţi mulţumesc că m-ai bătut la cap cu insistenţă să nu mai ruminez la nesfârşit asupra acestei idei, ci să mă documentez şi să scriu o carte despre ea. Le mulţumesc pentru tot ajutorul lui Kirsty Gordon, Rebecca Folland şi Jessie Botterill, de la birourile din Londra ale agenţiei Janklow & Nesbit, precum şi lui PJ Mark şi Michael Steger, de la New York.

Vă mulţumesc şi vouă, Stuart Williams, de la The Bodley Head, şi Colin Dickerman, de la Penguin US, pentru că aţi arătat atâta entuziasm faţă de idee şi pentru încrederea că voi reuşi să duc la bun sfârşit acest proiect. Le sunt enorm de îndatorat lui Colin; i mai ales lui Jörg Hensgen (The Bodley Head), pentru priceperea şi profesionalismul cu care au redactat această carte: tot ce este mai rafinat din varianta finală se datorează ştiinţei voastre de a descoperi şi de a şlefui sculptura ascunsă în blocul de piatră nefinisat pe care vi l-am propus în prima variantă de manuscris. De asemenea, le mulţumesc pentru ajutorul lor lui Akif Saifi şi lui Mally Anderson, precum şi lui Scott Moyers (Penguin), care au preluat fără dificultăţi materialul de la Colin Dickerman. Plus o plecăciune plină de admiraţie în faţa lui Katherine Ailes (The Bodley Head), mai ales pentru

efortul de a găsi imagini atât de potrivite, care să înfrumuseţeze paginile cărţii şi să aducă cuvintele la viaţă. Le mulţumesc, de asemenea, Mariei Garbutt-Lucero şi lui Will Smith (The Bodley Head), precum şi Samanthei Choy Park, lui Sarah Hutson şi lui Tracy Locke (Penguin), pentru contribuţia la promovarea acestei cărţi.

Conţinutul cărţii de faţă este foarte eclectic şi m-a purtat mult dincolo de orizonturile domeniului academic în care sunt specializat. Documentarea m-a adus în contact cu diverse persoane şi am fost mereu emoţionat să văd cât de departe sunt dispuşi să meargă oamenii ca să ajute un străin. Contribuţiile lor au fost de nepreţuit, iar printre ele se numără: răspunsul la e-mail-uri primite din senin ca să-mi ofere informaţii, ponturi sau să-mi spună unde să cercetez; acordul de a mă lăsa să-i podidesc cu o serie de întrebări copilăreşti de tipul „de ce?”, şi „cum?”, şi „ce anume?”; ajutorul pe care mi l-au dat prin furnizarea unor ilustraţii sau citind capitole în ciornă; timpul acordat pentru a-mi explica rar (şi în repetate rânduri) detaliile şi istoria propriei specialităţi. Prin urmare, sunt plin de recunoştinţă următorilor:

Paul Abel, Jon Agar, Richard Alston, Stephen Baxter, Alice Bell, John Bingham, John Blair, Keith Branigan, Alan Brown, Mike Bullivant, Donai Casey, Andrew

Chapple, Jonathan Cowie, Thomas Crump, Sam Davey, John Davis, Oliver De Peyer, Klaus Dodds, Julian Evans, Ben Fields, Steve Finch, Craig Gershater, Vince Gingery, Vinay Gupta, Rick Hamilton, Vincent Hamlyn, Colin Harding, Andy Hart, Rebekah Higgitt, Tim Hunkin, Alex Karalis Isaac, Richard Jones, Jason Kim, James Kneale, Roger Kneebone, Monika Koperska, Nancy Korman, Paul Lambert, Simon Lang, Marco Langbroek, Pete Lawrence, Andrew Mason, Gordon Masterton, Rich Maynard, Steve Miller, Mark Miodownik, John Mitchell, Ginny Moore, Terry Moore, Francisco Morcillo, James Mursell, Jheni Osman, Sam Pinney, David Pryor, Antony Quarrell, Noah Raford, Peter Ransom, Carole Reeves, Alby Reid, Alexander Rose, Steven Rose, Andrew Russell, Tim Sammons, Andrea Sella, Anita Seyani, James Sherwin-Smith, Tony Sizer, William Slaton, Simon Smaliwood, Frank Swain, Stefan Szezelkun, Ian Thornton, Thomas Thwaites, Phiroze Vasunia, Alex Wakeford, Mike Ware, Simon Watson, Andrew Wear, Kathy Whalen Moss, Sophie Willett, Emma Williams, Andrew Wilson, Peter Wilson, Lofty Wiseman, Marek Ziebart.

Dacă civilizaţia se va răsturna vreodată, m-aş simţi privilegiat să-i am pe oricare dintre ei în echipa mea de supravieţuire postapocaliptică!

Le mulţumesc lui Max Richter, Arvö Part, Godspeed

You Black Emperor, M83, Tom Waits, Kate Rusby şi Jon Boden (se prea poate ca albumul tău *Songs from the Floodplain* să fie cel mai bun din domeniul postapocaliptic), pentru că mi-au furnizat coloana sonoră necesară în bula mea de lucru, şi cafenelelor Nor şi Fat Cat, pentru că mi-au asigurat cafeaua şi gustările din timpul orelor lungi de scris. Sandviciurile voastre cu burtă de porc reprezintă culmea societăţii civilizate.

Mulţumesc familiei şi prietenilor mei, care au îndurat zâmbind, la masă sau în pub, discuţiile mele nesfârşite despre probleme postapocaliptice, sau care m-au însoţit în aventura documentării. Dar cel mai mult îi mulţumesc minunatei mele soţii. Vicky m-a suportat cu stoicism în tot timpul acestui proces îndelungat, răbdând în tăcere numeroasele weekenduri pierdute lângă un soţ morocănos, aplecat peste laptop, şi reuşind să mă binedispună cu uşurinţă după câte o seară petrecută acasă de unul singur, cercetând filme şi romane sumbre cu tematică postapocaliptică.

Vizitaţi the-knowledge.org pentru materiale, recomandări, imagini şi discuţii suplimentare.

@Knowledgeciv

@lewis_dartnell

Lecturi suplimentare şi trimiteri

Multe dintre capitolele acestui volum au fost scrise pornind de la o serie de cărţi ce discută dezvoltarea istorică a ştiinţei şi a tehnologiei, printre care se numără:

W. Brian Arthur, *The Nature of Technology: What It Is and HowIt Evolves*

George Basalla, *The Evoiution of Technology*

Peter J. Bowler şi Iwan Rhys Moru, *Making Modern Science: A Historical Survey*

Thomas Crump, *A Brief History of Science: As seen throughout the development of scientific instruments*

Patricia Fără, *Science: A Four Thousand Year History*

John Gribbin, Science: *A History 1543–2001*

John Henry, *The Scientific Revoluţion and the Origins of Modern Science*

Richard Holmes, *The Age of Wonder. How the Romantic Generation discovered the beauty and terror of Science*

Steven Johnson, *Where Good Ideas Come From: The Natural History of Innovation*

Joel Mokyr, *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*

Abbott Payson Usher, *A History of Mechanical Inventions*

Multe dintre temele acestei cărţi, inclusiv condiţiile lumii postapocaliptice şi procesele recuperării tehnologice, au fost de asemenea explorate în diferite romane. Iată, aşadar, o listă a titlurilor care merită să fie citite: Daniel Defoe, *Robinson Crusoe,* şi Johann David Wyss, *The Swiss Family Robinson;* Mark Twain, *A Connecticut Yankee în King Arthur's Court;* S. M. Stirling, *Island in the Sea of Time;* George R. Stewart, *Earth Abides,* John Christopher, *The Death of Gross;* Cormac Mecarthy, *The Road;* Algis Budrys, *Some Will Not Die;* David Brin, *The Postman;* Richard Matheson, *I Am Legeni,* Pat Frank, *Alas, Babylon;* Nevil Shute, *On the Beach;* Walter M. Miller, Jr., *A Candele For Leibowitz,* Russell Hoban, *Riddley Walker,* Margaret Atwood, *Oryx and Crake* şi *The Year of the Flood;* Jack Medevitt, *Eternity Road;* Kim Stanley Robinson, *The Wild Shore.* Merită să fie citite şi unele antologii de ficţiune postapocaliptică: *Ruins of Earth* (ed. Thomas M. Disch), *Wastelands: Stories of the Apocalypse (ed.* John Joseph Adams) şi *The Mammoth Book of Apocalyptic SF* (ed. Mike Ashley).

Există, de asemenea, o importantă literatură ce descrie frumuseţea ademenitoare a ruinelor sau a spaţiilor urbane aflate în paragină, care reprezintă subiectul primului capitol. Cele mai bune exemple recente sunt fotografiile lui Andrew Moore publicate

de Sylvain Margaine, *Detroit Disassembled, Forbidden Places,* şi RomanyWG, *Beauty în Decay.*

Mai jos, am furnizat o listă a câteva dintre cele mai relevante surse pentru subiectul general al fiecărui capitol al acestei cărţi, la care am adăugat trimiteri referitoare la unele teme particulare. Multe dintre aceste cărţi sunt accesate din Appropriate Technology Library (ATL), ce conţine peste o mie de volume digitalizate alese pentru informaţiile practice pe care le conţin. Ele pot fi găsite la http://villageearth.org/appropriate-technology/. Pentru linkuri la literatura citată, inclusiv posibilitatea de a downloada gratuit materiale, vezi The-Knowledge.org.

Introducere

Nick Bostrom şi Milan Cirkovic (ed.), *Global Catastrophic Risks*

Jared Diamond, *Collapse; How Societies Chose to Fail or Survive*

Paul şi Anne Ehrlich, „Can a collapse of global civilisation be avoided?"

John Greer, *The Long Descent*

Bob Holmes, „Starting over: Rebuilding civilisation from scratch"

Debora Mackenzie, „Why the demise of civilisation may be inevitable”

Jeffrey Nekola *et al.,* „The Malthusian Darwinian dynamic and the trajectory of civilization”

Glenn Schwartz şi John Nichols (eds), *After Collapse: The Regeneration of Complex Societies*

Joseph Tainter, *The Collapse of Complex Societies*

p. 13 regres tehnologic în Moldova: Connolly (2001).

p. 14 „Eu, Creionul”: Read (1958). Vezi şi Ashton (2013).

p. 14 proiectul prăjitorului de pâine: Thwaites (2011).

p. 14 o carte pentru toate anotimpurile: Lovelock (1998). Vezi şi respingerea propunerii lui Lovelock’s în Greer (2006), precum şi alte propuneri mai recente de conservare a cunoaşterii cruciale în Kelly (2006), Raford (2009), Rose (2010) şi Kelly (2011); pe site-ul www.topatoco.com/bestshirtever poţi găsi amuzantul tricou al călătorului în timp.

p. 19 enciclopedia ca depozitar al cunoaşterii umane: Yeo (2001). p. 19 programul Apollo: http://www.nasa. Gov/centers/langley/news/fact-sheets/Apollo.html.

p. 19 o sută de milioane de ore dedicate construirii Wikipedia: Shirky (2010).

p. 19 citatul din Richard Feynman: The Feynman Lectures on Physics (1964), 1. Atoms în Motion,

http://www.feynmanlectures.caltech.edu.

p. 20–21 parafraza din T.S. Eliot: *The Waste Land,* 1922.

p. 21 fantezia începerii de la zero: pe lângă romanele *Robinson Crusoe* sau *Swiss Family Robinson,* deja pomenite, există şi alte cărţi care explorează tema folosirii unei cunoaşteri cruciale în vederea repornirii civilizaţiei: Mark Twain, *A Connecticut Yankee în King Arthur's Court,* H.G. Wells, *The Time Machine,* şi S.M. Stirling, *Island in the Sea of Time* (1998), unde aproape o întreagă comunitate modernă se trezeşte în epoca bronzului.

p. 22 roaba: Lewis (1994).

p. 23 saltul tehnologic: Davison *et al* (2000), *Economist* (2006), *Economist* (2008a, b), Medermott (2010).

p. 23 saltul tehnologic al Japoniei: Mason (1997).

p. 24 tehnologie intermediară: Rybezynski (1980), Carr (1985).

p. 26 reutilizarea în scopuri diferite a tehnologiei: Edgerton (2007).

Capitolul 1

Bruce D. Clayton, *Life After Doomsday: Survivalist Guide to Nuclear War and Other Major Disasters*

Aton Edwards, *Preparedness Now! (An Emergency*

Survival Guide)

Dan Martin, *Apocalypse: How to Survive a Global Crisis*

James Wesley Rawles, *How to Survive the End of the World as We Know It Tactics, Techniques and Technologies for Uncertain Times*

Laura Spinney, „Return to paradise: If the people flee, what will happen to the seemingly indestructible?"

Matthew R. Stein, *When Technology Fails: A Manual for Self Reliance, Sustainability and Surviving the Long Emergency*

Neil Strauss, *Emergency: One Man's Story of a Dangerous World and How to Stay Alive în it*

United States Army, *Survival (Field Manual 3–05.70)*

Alan Weisman, *The World Without Us*

John „Lofty" Wiseman, *SAS Survival Handbook The ultimate guide to surviving anywhere*

Jan Zalasiewiez, *The Earth After Us: What Legacy Will Humans Leave in the Rocks?* (Trebuie să vă previn că nu toate sfaturile pe care le găsiţi în ghidurile enumerate mai sus sunt folositoare, mai ales cele de ordin medical.)

p. 29 motto: citat din Denis Diderot, *Enciclopedie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers,* definiţia dată de el enciclopediei, *apud* yeo (2001).

Traducere engleză de Jacques Barzun şi Ralph Bowen (*Rameau's Nephew and Other Works,* Hackett, 2001, p. 290). Reproducere cu permisiunea Hackett Publishing.

p. 33 Moartea Neagră şi ramificaţiile sale sociale: Sherman (2006), Martin (2007).

p. 33 scenariul de tip *Sunt o legendă:* Richard Matheson, *I Am Legend* (1954).

p. 34 minimul teoretic necesar pentru repopulare: Murray-Mcintosh *et al.* (1998), Hey (2005).

p. 35 recolonizarea oraşelor de către natură şi degradarea acestora: Spinney (1996), Weisman (2008), Zalasiewiez (2008).

p. 40 clima postapocaliptică: Stem (2006), Vuuren (2008), Solomon (2009), Cowie (2013).

Capitolul 2

Godfrey Boyle şi Peter Harper, *Radical Technology*

Jim Leckie *et al., More Other Homes and Garbage: Designs for Self-sufficient Living*

Alexis Madrigal, *Powering the Dream: The History and Promise of Green Technology*

Nick Rosen, *How to Live Off-grid*

John Seymour, *The New Complete Book of Self-sufficiency*

Dick şi James Strawbridge, *Practicai Self Sufficiency*

Jon Vogler, *Work from Waste: Recycling Waste to Create Employment*

p. 43 motto: citat din Daniel Defoe, *Robinson Crusoe,* text disponibil gratuit pe http://www.gutenberg.org/ebooks/521.

p. 43 pregătire şi supravieţuire după o criză majoră: Clayton (1980), Edwards (2009), Martin (2011), Rawles (2009), Stein (2008), Strauss (2009 X United States Army (2002).

p. 46 purificarea apei: Huisman (1974), VITA (1977), Conant (2005).

p. 48 rezerva naţională de hrană a Marii Britanii: DEFRA (2010), DEFRA (2012).

p. 52 pierderea preciziei GPS-ului: discuţie personală USCG Navigation Center,

p. 52 cât vor rezista medicamentele înainte de a-şi pierde termenul de valabilitate: Cohen (2000), Pomerantz (2004).

p. 55 electricitate produsă independent: Clews (1973), Leckie (1981), Rosen (2007), Madrigal (2011).

p. 58 generatoare electrice improvizate la Goražde: Sacco (2000).

p. 59 reciclare rudimentară a maselor plastice: Vogler (1984).

Capitolul 3

Mauro Ambrosoli, *The Wild and the Sown: Botany and Agriculture în Western Europe, 1350–1850*

Percy Blandford, *Old Farm Tools and Machinery: An Illustrated History*

Felipe Femandez-Armesto, *Food: A History*

John Seymour, *The New Complete Book of Self-sufficiency*

Tom Standage, *An Edible History of Humanity*

p. 62 motto: citat din John Wyndham, *Day of the Triffids* (Penguin, 2001); reproducere cu permisiunea David Higham Associates Ltd.

p. 63 compoziţia solului: Stem (1979), Wood (1981).

p. 69 unelte agricole: Blandford (1976), FAO (1976), Hurt (1985).

p. 72 înjugarea boilor: Starkey (1985).

p. 76 umanitatea supravieţuieşte direct sau indirect prin consumul ierbii: potenţialele consecinţe ale pierderii acestei resurse sunt explorate în romanul lui John Christopher, *The Death of Grass.*

p. 77 cerealele: FAO (1977).

p. 83 composturile: Gotaas (1976), Dalzell (1981), Shuval (1981), Decker (2010a).

p. 84 biogazul: House (1978), Goodall (2008),

Strawbridge (2010).

p. 84 „sugătoarele de miere” din Bangalore: Pearce (2013).

p. 84 Dillo Dirt: http://austintexas.gov/dillodirt.

p. 85 fabricile de îngrăşământ superfosfat din Londra: Weisman (2008).

p. 85 potasă canadiană: Mokyr (1990).

p. 85 capcana producţiei alimentare: Standage (2010).

Capitolul 4

Agromisa Foundation, *Preservation of Foods*

Felipe Fernandez-Armesto, *Food: A History*

Joan Koster, *Handloom Construction: A Practical Guide for the Non-Expert*

Michael Pollan, *Cooked: A Natural History of Transformation*

John Seymour, *The New Complete Book of Self-sufficiency*

Tom Standage, *An Edible History of Humanity*

Carol Hupping Stoner, *Stocking Up: How to Preserve the Foods you Grow Naturally*

Abbott Payson Usher, *A History of Mechanical Inventions*

p. 87 motto: citat din *The Ruin,* o poezie de secol VIII

scrisă de un saxon anonim care deplânge ruinele romane; traducere preluată din Tainter (1988).

p. 89 conservarea alimentelor: Agromisa Foundation (1990), The British Nutrition Foundation (1999), Stoner (1973).

p. 91 afumătoare improvizată: Stoner (1973).

p. 92 nixtamalizare: Fernandez-Armesto (2001).

p. 94 prepararea cerealelor: UNIFEM (1988).

p. 95 pregătirea aluatului: Avery (2001a & b), Lang (2003).

p. 99 alambic mongol: Sella (2012).

p. 102 oala Zeer: Lofstrom (2011).

p. 102 frigiderul lui Einstein: Silverman (2001), Jha (2008).

p. 103 diferite proiecte de frigider: Cowan (1985), Bell (2011).

p. 105 torsul lânii: Wigginton (1973).

p. 106 ţesutul simplu- Koster (1979).

p. 109 nasturele: Mokyr (1990), Mortimer (2008).

p. 109 mecanizarea torsului şi a ţesutului: Usher (1982), Mokyr (1990), Allen (2009).

Capitolul 5

Alan P. Dalton, *Chemicals from Biological Resources*

William B. Dick, *Dick's Enciclopedia of Practical Receipts*

and Processes

Kevin M. Dunn, *Caveman Chemistty: 28 Projects, from the Creation of Fire to the Production of Plastics*

p. 111 motto: citat din Margaret Atwood, *Oryx and Crake*; reprodus cu permisiunea Bloomsbury Publishing PLC şi Curtis Brown Group Ltd, Londra, din partea lui O.W. Toad Ltd © O.W. Toad 2003.

p. 112 energia termică de-a lungul istoriei: Decker (2011a).

p. 113 importanţa cocsului în cadrul revoluţiei industriale: Allen (2009).

p. 114 subarboret pentru lemn de foc: Stanford (1976).

p. 114 cărbune de lemn: Goodall (2008).

p. 115 cărbune de lemn brazilian pentru producţia de oţel: Kato (2005).

p. 119 arderea varului nestins: Wingate (1985).

p. 120 spălatul pe mâini şi reducerea bolilor gastrointestinale: Bloomfield (2009).

p. 121 importanţa istorică a alcalilor: Deighton (1907), Reilly (1951).

p. 124 piroliza lemnului: Dumesny (1908), Dalton (1973), Boyle (1976), Meclure (2000).

p. 127 penuria de acetonă din Primul Război Mondial: David (2012).

p. 129 acidul sulfuric: Mekee (1924), Karpenko (2002).

Capitolul 6

Kevin M. Dunn, *Caveman Chemistry: 28 Projects, from the Creation of Fire to the Production of Plastics*

Albert Jackson şi David Day, *Tools and How to Use Them: An Illustrated Enciclopedia*

Carl G. Johnson şi William R. Weeks, *Metallurgy*

Richard Shelton Kirby *et al., Engineering în History*

p. 131 motto: citat din Walter M. Miller, *A Canticle for Leibowitz.*

p. 131 lemnul: Forest Service Forest Products Laboratory (19 74).

p. 135 tehnici fundamentale de construcţie: Leckie (1981), Stem (1983), Lengen (2008).

p. 135 cimentul roman: Oleson (2008).

p. 137 betonul armat: Stem (1983).

p. 138 prelucrarea fierului: Weygers (1974), Winden (1990).

p. 138 călirea uneltelor: Gentry (1980).

p. 139 flacăra oxiacetilenică: Parkin (1969).

p. 139 sudura cu arc electric: The Lincoln Electric Company (1973).

p. 140 fabricarea şi folosirea uneltelor: Weygers

(1973), Jackson (1978).

p. 143 topirea fierului: Johnson (1977), Allen (2009).

p. 143 cuptorul chinezesc: Mokyr (1990).

p. 145 metoda Bessemer: Mokyr (1990).

p. 146 fabricarea sticlei: Whitby (1983).

p. 149 rolul central al sticlei în ştiinţă: Macfarlane (2002).

Capitolul 7

Murray Dickson, *Where There Is No Dentist*
Roy Porter, *Blood and Guts: A Short History of Mediane*
Anne Rooney, *The Story of Medicine*
David Werner, *Where There Is No Doctor*

p. 152 motto: citat din John Lloyd Stephens, *apud* Diamond (2005).

p. 154 boli de origine animală: Porter (2002), Rooney (2009).

p. 155 importanţa sănătăţii publice: Mann (1982), Conant (2005), Solomon (2011).

p. 155 holera: Clark (2010).

p. 155 terapia de hidratare orală: Conant (2005).

p. 156 forcepsul ţinut secret: Porter (2002).

p. 157 incubator din pese de maşină: Johnson (2010), http://designthatmatters.org/portfolio/projects/incubat

or/.

p. 158 descoperirea întâmplătoare a razelor X: Gribbin (2002), Osman (2011), Kean (2010).

p. 162 coaja de salcie şi aspirina: Mokyr (1990), Pollard (2010).

p. 164 scorbutul: Osman (2011).

p. 164 principii ale chirurgiei: Cook (1988).

p. 165 anestezicele: Dobson (1988).

p. 166 oxidul de azot: Gribbin (2002), Holmes (2008).

p. 167 instrucţiuni pentru fabricarea unui microscop rudimentar: Casselman (2011).

p. 167 Leeuwenhoek: Crump (2001), Macfarlane *(2002),* Gribbin (2002), Sherman (2006).

p. 168 Marcus Terentius Varro: Rooney (2009).

p. 168–169 descoperirea accidentală a antibioticelor: Lax (2005), Kelly (2010), Winston (2010), Pollard (2010).

p. 170 extracţia şi producţia în masă a penicilinei: Lax (2005)

Capitolul 8

Godfrey Boyle şi Peter Harper, *Radical Technology*

Alexis Madrigal, *Powering the Dream: The History and Promise of Green Technology*

Abbott Payson Usher, *A History of Mechanical Inventions*

p. 172 motto: citat din Pat Frank, *Alas, Babylon* (titlu inspirat de Cartea Apocalipsei 18: 10) © 1959 de Pat Frank; reprodus cu permisiunea Harpercollins Publishers şi Paul S. Levine Literary Agency.

p. 173 roata de apă romană: Usher (1982), Oleson (2008).

p. 174 inovaţii-cheie în timpul aşa-zisei epoci medievale „întunecate”: Fără (2009).

p. 175 morile de vânt: Meguigan (1978a), Mokyr (1990), Hills (1996), Decker (2009).

p. 177 mecanisme de transformare a mişcării: Hiscox (2007), Brown (2008).

p. 177 importanţa morilor de vânt şi de apă: Basalla (1988).

p. 177 diferite întrebuinţări ale morilor de vânt şi de apă: Usher (1982), Solomon (2011).

p. 179 pompe: Fraenkel (1997).

p. 179 motorul cu abur: Usher (1982), Mokyr (1990), Crump (2001), Allen (2009).

p. 181 pila voltaică: Gribbin (2002).

p. 182 bateriile din Bagdad: Schlesinger (2010), Osman (2011).

p. 183 descoperirea electromagnetismului: Crump (2001), Gribbin (2002), Hamilton (2003), Fără (2009), Schlesinger (2010), Ball (2012).

p. 185 reîntrebuinţarea unei mori de vânt cu patru pânze: Watson (2005).

p. 185 moara de vânt generatoare de electricitate a lui Charles Brush: Hills (1996), Winston (2010), Krouse (2011).

p. 186 turbine de apă: Meguigan (1978b), Usher (1982), Holland (1986), Mokyr (1990), Eisenring (1991).

Capitolul 9

p. 192 motto: citat din Roald Dahl, *Danny, the Champion of the World.*

p. 194 citatul din Rudolf Diesel: Goodall (2008).

p. 195 bioetanolul: Solar Energy Research Institute (1980), Goodall (2008).

p. 195 biodieselul: Rosen (2007), Strawbridge (2010).

p. 196 vehicule cu pungi de gaz: House (1978), Decker (2011b).

p. 196 gazeificarea lemnului: FAO Forestry Department (1986), Lafontaine (1989), Decker (2010b).

p. 197 tancuri Tiger alimentate cu lemn: Krammer (1978).

p. 199 arbustul Guayule: Naţional Academy of Sciences (1977).

p. 199 boii ca animale de tracţiune: Starkey (1985).

p. 200 harnaşamentul cailor: Mokyr (1990).

p. 201 tracţiunea animală în Cuba: Edgerton (2008).

p. 202 velele: Farndon (2010).

p. 203 tehnologia bicicletei: Broers (2005).

p. 203 natura tehnologiilor noi şi reutilizarea soluţiilor mecanice preexistente în fabricarea automobilului: Mokyr (1990), Arthur (2009), Kelly (2010).

p. 204 motorul cu ardere internă şi mecanismele vehiculului cu motor: Bureau of Naval Personnel (1971), Hillier (1981), Usher, (1982).

p. 210 istoria maşinilor electrice: Crump (2001), Edgerton (2008), Brooks (2009), Decker (2010c), Madrigal (2011).

Capitolul 10

J.P. Davidson, *Planet Word*

p. 212 motto: citat din *Ozymandias,* un sonet de Percy Bysshe Shelley, publicat în 1818.

p. 213 istoria hârtiei: Mokyr (1990).

p. 214 eliberarea chimică a fibrelor de celuloză: Dunn (2003).

p. 214 fabricarea hârtiei: Vigneault (2007), Seymour (2009).

p. 216 cerneală din fructe de pădure: Howtoons

(2007).

p. 216 cerneala ferogalică: Finlay (2002), Fruen (2002), Smith (2009).

p. 217 ramificaţiile sociale ale presei de tipărit: Broers (2005), Famdon (2o10).

p. 218 dezvoltarea presei de tipărit: Usher (1982), Mokyr (1990), Finlay (2002), Johnson (2010).

p. 224 aparate radio de transmisie şi recepţie rudimentare: Crump (2001), Field (2002), Parker (2006).

p. 229 radiouri din tranşee şi din lagăre: Wells, Ross (2005), Carusella (2008), vezi şi Gillies (2011), pentru alte soluţii ingenioase ale prizonierilor de război

Capitolul 11

Kevin M. Dunn, *Caveman Chemistry: 28 Projects. From the Creation of Fire to the Production of Plastics*

Sam Kean, *The Disappearing Spoon: and other true tales from the Periodic Table*

Joel Mokyr, *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*

p. 234 motto: citat din Douglas Coupland, *Shampoo Planet* reprodus cu permisiunea Atria / Scribner / Gallery Publishing © 1992 de Douglas Campbell Coupland. Toate drepturile rezervate.

p. 235 electroliza apei: Abdel-Aal (2010). p. 235 aluminiul: Johnson (1977), Kean (2010).

p. 236 electroliza şi descoperirea unor noi elemente: Gribbin (2002), Holmes (2008).

p. 237 tabelul periodic al elementelor: Fără (2009), Kean (2010). p. 239 pulberea neagră ca elixir al nemuririi: Winston (2010).

p. 241 nitroglicerina şi dinamita: Mokyr (1990).

p. 242 întrebuinţări ale fotografiei: Gribbin (2002), Osman (2011).

p. 243 tehnici rudimentare de fotografie: Sutton (1986), Ware (1997), Crump (2001), Ware (200 2), Ware (2004).

p. 245 chimia industrială: Mokyr (1990).

p. 247 cerere pentru sodă: Deighton (1907), Reilly (1951).

p. 247 procedeul Leblanc, poluarea industrială timpurie, procesele Solvay: Deighton (1907), Reilly (1951), Mokyr (1990).

p. 251 citatul din William Crookes: Standage (2010).

p. 251 azotul este cea mai puţin reactivă substanţă biatomică: Schrock (2006).

p. 252 procesul Haber-Bosch: Standage (2010), Kean (2010), Perkins (1977), Edgerton (2008).

Capitolul 12

Eric Bruton, *The History of Clocks & Watches*

Adam Frank, *About Time*

Dava Sobel, *Longitude: The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time*

p. 255 al doilea motto: citat din Denis Diderot, *apud*goodman (1995); reprodus cu permisiunea Yale University Press,

p. 256 constanţa clepsidrei cu nisip: Bruton (2000).

p. 257 Manhattanul comparat cu Stonehenge: Astronomy Picture of the Day, 12 iulie 2006 http://apod.nasa.gov/apod/apo60712.html.

p. 258 cadranele solare: Oleson (2008).

p. 259 ceasurile mecanice: Usher (1982), Bruton (2000), Gribbin (2002), Frank (2011).

p. 260 60 de secunde, 60 de minute, 24 de ore: Crump (2001), Frank (2011).

p. 263 prima apariţie a lui Sirius: Schaefer (2000).

p. 264 refolosirea calendarului gregorian: vezi Pappas (2011) şi propunerea lui de a modifica structura lunilor dintr-un an.

p. 269 navigaţia înaintea ceasurilor precise prin urmărirea latitudinii: Usher (1982).

p. 272 rezolvarea problemei longitudinii: Sobei

(1996).

p. 273 ceasuri bazate pe arc: Usher (1982), Bruton (2000).

p. 273 cele 22 de cronometre de la bordul vasului *Beagle:* Sobel (1996).

Capitolul 13

p. 276 motto: citat preluat din „Little Gidding”, în T.S. Eliot, *Four Quartets.*

p. 277 progresul tehnologic din China: Mokyr (1990).

p. 277 revoluţia industrială în Anglia secolului al XVIII-lea: Allen (2009).

p. 282 sistemul metric şi de ce Marea Britanie şi America nu l-au adoptat: Crump (2001).

p. 286 inventarea barometrului şi a termometrului: Crump (2001), Chang (2004).

p. 290 revoluţia ştiinţifică şi metodele ştiinţei: Shapin (1996), Kuhn (1996), Bowler (2005), Henry (2008), Ball (2012).

p. 291 simbioza ştiinţei cu tehnologia: Basalla (1988), Mokyr (1990), Bowler (2005), Arthur (2009), Johnson (2010).

Lista ilustraţiilor

p. 64 Rezerva Mondială de Seminţe din Svalbard: fotografie © Paul Nicklen/Naţional Geographic Sodety/Corbis; © Getty Images / Guliver; hartă desenată de by Darren Bennett, dkb creative.

p. 70 Unelte agricole de bază, ilustraţie de Bill Donohoe. P. 71 Echipament agricol complex: plug din Lexikon der gesamten Technik de Herausgegeben von Otto Lueger; grapă, semănătoare şi acţiunea plugului din *Meyers Konversationslexikon* (1905–1909) de Joseph Meyer. Toate reproduse cu amabilitatea www.zeno.org.

p. 75 Culturi de cereale din *Meyers Konversationslexikon* de Joseph Meyer, reprodus cu amabilitatea www.zeno.org; proiect desenat de Bill Donohoe.

p. 78 Cositoare mecanică din *Meyers Konversationslexikon* de Joseph Meyer, reprodus cu amabilitatea www.zeno.org.

p. 107 Război de ţesut © Science Museum / Science & Society Picture Library; © Getty Images / Guliver. Toate drepturile rezervate.

p. 12 6 Piroliza lemnului: (sus) material luat din *Wood products: distillates and extracts* de Dumesny şi Noyer (1908); (jos) diagramă a autorului.

p. 141 Topitorie rudimentară, fotografii reproduse cu permisiunea David J. Gingery Publishing, LLC.

p. 142 Strung © Science Museum / Science & Society Picture Library; © Getty Images / Guliver. Toate drepturile rezervate. P. 144 Furnal, ilustraţie de Bill Donohoe.

p. 157 Forceps, reproducere cu amabilitatea Historical Collections & Services, Claude Moore Health Sciences Library, University of Virginia.

p. 176 Moară de vânt cu turelă autopivotantă din „Wind powered factories: history (and future) of industrial windmills", în *Low-Tech magazine,* articol © Kris De Decker (ed. Vincent Grosjean).

p. 178 Manivelă şi camă, ilustraţie de Bill Donohoe.

p. 187 Turbină Pelton reprodusă cu amabilitatea A P Godber Collection, Alexander Tumbull Library.

p. 297 Vehicul alimentat de un gazogen bazat pe lemn © Mike Larosa.

p. 206 Motorul cu ardere internă, ilustraţie de Bill Donohoe.

p. 220 Formă pentru turnarea caracterelor, fotografia autorului.

p. 231 Radioreceptor rudimentar; schemă (sus) de Bill Donohoe; fotografie (jos) reprodusă cu amabilitatea lui Tim Sammons.

p. 249 Fabrică de sodă: fotografie (sus) Solvay Process Co., Syracuse, N. Y., din Biblioteca Congresului; diagramă (jos) realizată de autor.

p. 260 Ceas mecanic din *Meyers Konversationslexikon* de Joseph Meyer, reprodus cu amabilitatea www.zeno.org.

p. 265 Steaua lui Barnard, diagramă realizată de autor. P. 266 Mişcarea circulară a polilor cereşti nord şi sud, diagramă realizată de autor.

p. 271 Sextant, de la p. 1932 a *Webster's New Internaţional Dictionary of the English Language* (1911), reprodus cu amabilitatea Oxford Union Library.

Bibliografie

Abdel-Aal, H. K., K. M. Zohdy şi M. Abdel Kareem, „Hydrogen Production Using Sea Water Electrolysis", *The Open Fuel Cells Journal,* 3: 1–7, 2010.

Adams, John Joseph (ed.), *Wastelands: Stories of the Apocalypse,* Night Shade Books, 2008.

Agromisa Foundation Human Nutrition and Food Processing Group, *Preservation of Foods (ATL 07–289),* Agromisa Foundation, 1990.

Ahuja, Rajeev, Andreas Blomqvist, Peter Lorrson *et al.,* „Relativity and the lead-acid battery", *Physical Review Letters,* 106(1), 2011.

Allen, Robert C., *The British Industrial Revoluţion în Global Perspective,* Cambridge University Press, 2009.

Ambrosoli, Mauro, *The Wild and the Sown: Botany and*

Agriculture în Western Europe, 1350–1850, Cambridge University Press, 2009.

Arthur, W. Brian, *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves,* Penguin, 2009.

Ashton, Kevin, „What Coke Contains”, 2013, din https: //medium. Com/thengredients-2/221d449929ef.

Aspin, B. Terry, *Foundrywork for the Amateur (ATL 04–94),* Model and Allied Publications, 1975.

Avery, Mike, „What is sourdough?”, 2001a, din http://www.Sourdoughhome.com/index.php?content=whatissourdough.

— „Starting a Starter”, 2001b, din http://www.sourdoughhome.com/index.php?content=startermyway2.

Ball, Philip, *Curiosity: How Science Became Interested în Everything,* The Bodley Head, 2012.

Basalla, George, *The Evolution of Technology, Cambridge* University Press, 1988.

Bell, Alice, „How the Refrigerator Got its Hum”, 2011, din http://alicerosebell.wordpress.com/20n/09/19/how-the-refrigerator-got-its-hum/.

Blandford, Percy, *Old Farm Tools and Machinery: An Illustrated History,* David & Charles, 1976.

Bloomfield, Sally F. Şi Kumar Jyoti Nath, *Use of ash and mud for handwashing în low income communities,*

Internaţional Scientific Forum on Home Hygiene, 2009.

Bostrom, Nick şi Milan M. Cirkovic (ed.), *Global Catastrophic Risks,* Oxford University Press, 2011.

Bowler, Peter J. Şi Iwan Rhys Morus, *Making Modern Science: A Historical Survey,* The University of Chicago Press, 2005.

Boyk, Godfrey şi Peter Harper, *Radical Technology: Food, Shelter., Tools, Materials, Energy, Communication, Autonomy, Community (ATT 01–13),* Undercurrent Books, 1976.

British Nutrition Foundation, *Nutrition and Food Processing,* 1999.

Broers, Alec, *The Triumph of Technology (The BBC Reith Lectures 2005),* Cambridge University Press, 2005.

Brooks, Michael, „Electric cars: Juiced up and ready to go", *New Scientist,* 2717, 20 July 2009.

Brown, Henry T., 507 *Mechanical Movements: Mechanisms and Devices,* ed a XVIII-a, BN Publishing, 2008. Publicată prima oară în 1868.

Bruton, Eric, *The History of Clocks & Watches,* Little, Brown, 2000.

Bureau of Naval Personnel, *Basic Machines and How They Work (ATL 04–81),* Dover Publications, 1971.

Carr, Marilyn (ed.), *AT Reader. Theory and Practice în Appropriate Technology (ATL 01–20),* ITDG Publishing, 1985.

Carusella, Brian, „Foxhole and POW built radios: history and construction”, 2008, din http://bizarrelabs.com/foxhole.htm.

Casselman, Anne, „Microscope, DIY, 3 Minutes”, 2011, din http://www.lastwordonnothing.com/2011/09/05/guest-post-microscope-diy/.

Chang, Hasok, *Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress,* Oxford University Press, 2004.

Clark, David P., *Germs, Genes & Civilization,* FT Press, 2010.

Clayton, Bruce D., *Life After Doomsday: Survivalist Guide to Nuclear War and Other Major Disasters,* Paladin Press, 1980.

Clews, Henry, *Electric Power from the Wind (ATL 21–466),* Enertech Corporation, 1973.

Cohen, Laurie P., „Many Medicines Are Potent Years Past Expiration Dates”, *Wall Street Journal,* 28 March 2000.

Collins, H. M., „The TEA Set Tacit Knowledge and Scientific Networks”, *Science Studies,* 4(2): i65-i86, 1974.

Conant, Jeff, *Sanitation and Cleanliness for a Healthy Environment,* Hesperian Foundation, 2005.

Connolly, Kate, „Human flesh on sale în land the Cold War left behind”, *Observer,* 8 April 2001.

Cook, John, Balu Sankaran şi Ambrose E. O.

Wasunna (ed.), *General Surgery at the District Hospital (ATL 27–721),* World Health Organization, 1988.

Coupland, Douglas, *Shampoo Planet,* Simon & Schuster, 1992.

— *Girifriend in a Coma,* Flamingo, 1998.

Cowan, Ruth Schwartz, „How the Refrigerator Got its Hum", în *The Social Shaping of Technology,* Mackenzie, Donald and Judy Wajeman (ed.), Open University Press, 1985.

Cowie, Jonathan, *Climate Change: Biological and Human Aspects,* Cambridge University Press, 2013.

Crump, Thomas, *A Brief History of Science: As seen through the development of scientific instruments,* Constable & Robinson, 2001.

Dalton, Alan P, *Chemicals from Biological Resources,* Intermediate Technology Development Group, 1973.

Dalzell, Howard W., Kenneth R. Gray şi A. J. Biddlestone, *Composting în Tropical Agriculture (ATL* 05–265), International Institute of Biological Husbandry, 1981.

David, Saul, „How Germany lost the WWI arms race", 2012, din http://www.bbc.co.uk/news/magazine-17011607.

Davidson, J. P., *Planet Word,* Penguin, 2011.

Davison, Robert, Doug Vogel, Roger Hams şi Noel Jones, „Technology Leap frogging în Developing

Countries – An Inevitable Luxury?", *The Electronic Journal of Information Systems în Developing Countries,* 1(5): 1–1o, 2000.

Decker, Kris De, „Wind powered factories: history (and future) of industrial windmills", 2009, din http://www.lowtechmagazine.com/2009/10/history-of-industrial-windmills.html.

— „Recycling animal and human dung is the key to sustainable farming", 2010a, din http://www.lowtechmagazine.com/2010/09/recycling-animal-and-human-dung-is-the-key-to-sustainable-farming.html.

Decker, Kris De, „Wood gas vehicles: firewood in the fuel tank", 2010b, din http://www.lowtechmagazine.com/2010/01/woodgascars.html.

— „The status quo of electric cars: better batteries, same range", 2010c, din http://www.lowtechmagazine.com/2010/05/the-status-quo-of-electric-cars-better-batteries-same-range.html.

— „Medieval smokestacks: fossil fuels în pre-industrial times", 2011a, din http://www.lowtechmagazine.com/20n/09/peat-and-coal-fossil-fuels-in-pre-industrial-times.html.

— „Gas Bag Vehicles", 2011b, din http://www.lowtechmagazine.com/2011/11/gas-bag-ve

hicles.html.

DEFRA, *UK Food Security Assessment: Detailed Analysis,* Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2010.

— *Food Statistics Pocketbook,* Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2012.

Deighton, T. Howard, *The Struggle for Supremacy: Being a Series of Chapters in the History of the Leblanc Alkali Industry în Great Britain,* Gilbert G. Walmsley, 1907.

Department for Transport, *Vehicle Licensing Statistics,* 2013.

Diamond, Jared, *Collapse: How Societies Chase to Fail or Survive,* Penguin, 2005.

Dick, William B., *Dick's Encyclopedia of Practicai Receipts and Processes (ATL 02–26),* Dick & Fitzgerald, 1872.

Dicksan, Murray, *Where There Is No Dentist,* Hesperian Health Guides, 2011.

Dobson, Michael B., *Anaesthesia at the District Hospital (ATL 27–720),* World Health Organisation, 1988.

Dumesny, P. Şi J. Noyer, *Wood Products: Distillates and Extracts,* Scott Greenwood & Son, 1908.

Dunn, Kevin M., *Caveman Chemistry: 28 Projects. From the Creation of Fire to the Production of Plastics,* Universal Publishers, 2003.

Economist, „Behind the bleeding edge: Skipping over

old technologies to adopt new ones offers opportunities – and a lesson", *The Economist,* 21 September 2006.

Economist, „Of internet cafés and power cuts: Emerging economies are better at adopting new technologies than at putting them into widespread use", *The Economist,* 7 February 2008.

Economist, „The limits of leap frogging: The spread of new technologies often depends on the availability of older ones", *The Economist,* 7 February 2008.

Economist, „Doomsdays: Predicting the End of the World", *The Economist,* 20 December 2012.

Edgerton, David, *The Shock Of The Old: Technology and Global History since 1900,* Profile Books, 2006.

— „Creole technologies and global histories: rethinking how things travel în space and time", *Journal of History of Science and Technology,* 175–112, 2007.

Edwards, Aton, *Preparedness Now! (An Emergency Survival Guide),* Process Media, 2009.

Ehrlich, Paul R. Şi Anne H. Ehrlich, „Can a collapse of global civilisation be avoided?", *Proceedings of the Royal Society: B,* 280: 2–9, 2013.

Eisenring, Markus, *Micro Pelton Turbines (ATL 22–548),* SKAT, Swiss Center for Appropriate Technology, 1991.

FAO, *Farming with Animal Power (ATL 05–150),* Better Farming Series 14, Food and Agriculture Organization of the United Naţions, 1976.

— *Cereals (ATL 05–151),* Better Farming Series 15, Food and Agriculture Organization of the United Naţions, 1977.

— Forestry Department, *Wood Gas as Engine Fuel,* Food and Agriculture Organisation of the United Naţions, 1986.

Fara, Patricia, *Science: A Four Thousand Year History,* Oxford University Press, 2009.

Famdon, John, *The World's Greatest Idea: The Fifty Greatest Ideas That Have Changed Humanity,* Icon Books, 2010.

Ferguson, Niall, *Civilization: The West and the Rest,* Penguin, 2011.

Fernández-Armesto, Felipe, *Food: A History,* Macmillan, 2002.

Field, Simon Quellen, „Building a crystal radio out of household items", *Gonzo Gizmos: Projects and Devices to Channel Your Inner Geek,* Chicago Review Press, 2002.

Finlay, Victoria, *Colour: Travels Through the Paintbox,* Hodder and Stoughton, 2002.

Forest Service Forest Products Laboratory, *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material (ATL 25–662),* US Department of Agriculture, r974.

Fraenkel, Peter, *Water-Pumping Devices: A Handbook for Users and Choosers (ATL 14–570),* Intermediate Technology Publications, 1997.

Frank, Adam, *About Time: Cosmology and Culture at the Twilight of the Big Bang,* One World, 2011.

Fruen, Lois, „The Real World of Chemistry: Iron Gall Ink", 2002, din http://www.realscience.breckschool.org/upper/fruen/files/Enrichmentarticles/files/Irongallink/Irongallink.html.

Gentry, George şi Edgar T. Westbury, *Hardening and Tempering Engineers' Tools (ATL* 04–98), Model and Allied Publications, 1980.

Gillies, Midge, *The Barbed-wire University: The Real Lives of Prisoners of War in the Second World War,* Aurum, 2011.

Gingery, David J., *The Charcoal Foundry,* David J. Gingery Publishing LLC, 2000a.

— *The Drill Press,* David J. Gingery Publishing LLC, 2000b.

— *The Metal Lathe,* David J. Gingery Publishing LLC, 2000c.

— *The Metal Shaper,* David J. Gingery Publishing LLC, 20ood.

— *The Milling Machine,* David J. Gingery Publishing LLC, 2000e.

Goodall, Chris, *Ten Technologies To Fix Energy and Climate,* Profile Books, 2009.

Goodman, John (ed.), *Diderot on Art,* Yale University Press, 1995.

Gotaas, Harold B., *Composting: Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes (ATL 05–166),* World Health Organization, 1976. First published 1956.

Greer, John Michael, „How Not To Save Science", 2006, din http://thearchdruidreport.blogspotco.uk/2006/07/how-not-to-save-science.html.

— *The Long Descent: A User's Guide to the End of the Industrial Age,* New Society Publishers, 2008.

Gribbin, John, *Science: A History* 1543–2001, Penguin, 2002.

Hamilton, James, *Faraday: The Life,* Harpercollins, 2003.

Henry, John, *The Scientific Revoluţion and the Origins of Modern Science* 3rd edn, Palgrave Macmillan, 2008.

Hey, Jody, „On the Number of New World Founders: A Population Genetic Portrait of the Peopling of the Americas", *PLoS Biology,* 3(6): ei93, 2005.

Hillier, V.A.W. Şi F. Pittuck, *Fundamentals of Motor Vehicle Technology,* 3rd edn, Hutchinson, 1981.

Hills, Richard L, *Power from Wind: A History of Windmill Technology,* Cambridge University Press, 1996.

Hiscox, Gardner Dexter, *1800 Mechanical Movements, Devices and Appliances,* Dover Publications, 2007.

Holland, Ray, *Micro Hydro Electric Power (ATL* 22–531), Intermediate Technology Publications, 1986.

Holmes, Bob, „Starting oven Rebuilding Civilisation from Scratch", *New Scientist,* 2805, 28 March 2011.

Holmes, Richard, *The Age of Wonder. How the Romantic Generation discovered the beauty and terror of Science,* Harper Press, 2008.

House, David, *The Biogas Handbook (ATL 24–568),* Peace Press, 1978. Ediţie revizuită publicată de House Press în 2006.

Howtoons, „Pen Pal", *Craft,* 5 November 2007, http://www.arvindguptatoys.com/arvindgupta/penpal.pdf.

Huisman, L şi W.E. Wood, *Slow Sand Filtration (ATL 16–376),* World Health Organisation, 1974.

Hurt, R. Douglas, *American Farm Tools: From Hand-Power to Steam-Power (ATL 06–262),* Sunflower University Press, 1982.

Jackson, Albert şi David Day, *Tools and How to Use Therm An Illustrated Encyclopedia (ATL 04–122),* Alfred A. Knopf, 1978.

Jha, Alok, „Einstein fridge design can help global cooling", *Observer,* 21 September 2008.

Johnson, Carl G. Şi William R. Weeks, *Metallurgy*

(ATL 04–106) 5th edn, American Technical Publishers, 1977.

Johnson, Steven, *Where Good Ideas Come From: The Natural History of Innovation,* Allen Lane, 2010.

Karpenko, Vladimir şi John A. Norris, „Vitriol in the History of Chemistry", *Chemické Listy,* 96: 997–1005, 2002.

Kato, M., D.M. Demarini, A. B. Carvalho *et al.,* „World at work: Charcoal Producing Industries în Northeastern Brazil", *Occupational and Environmental Medicine,* 62(2): 128–132, 2005.

Kean, Sam, *The Disappearing Spoon: and other true tales from the Periodic Table,* Black Swan, 2010.

Kelly, Kevin, „The Forever Book", 2006, din http://www.kk.org/thetechnium/archives/20o6/o2/the_forever_book.php.

— *What Technology Wants,* Viking, 2010.

— „The Library of Utility", 2011, din http://blog.longnow.org/02011/04/25/the-library-of-utility/.

Kirby, Richard Shelton, Sidney Withington, Arthur Burr Darling şi Frederick Gridley Kilgour, *Engineering în History,* Dover Publications, 1990.

Koster, Joan, *Handloom Construction: A Practicai Guide for the Non-Expert (ATL* 33–778), Volunteers în Technical Assistance, 1979.

Krammer, Arnold, „Fueling the Third Reich”, *Technology and Culture,* 19(3): pp. 394–422. 1978.

Krouse, Peter, „Charles Brush used wind power în house 120 years ago: Cleveland Innovations”, 2011, din http://blog.cleveland.com/metro/2011/08/charles_brush_used_wind_power.html.

Kuhn, Thomas S „*The Structure of Scientific Revoluţions,* 3rd edn, University of Chicago Press, 1996.

Lafontaine, H. Şi F. P. Zimmerman, *Construction of a Simplified Wood Gas Generator for Fueling Internal Combustion Engines în a Petroleum Emergency,* Federal Emergency Management Agency, 1989.

Lang, Jack, „Sourdough Bread”, 2003, din http://forums.egullet.org/topic/27634-sourdough-bread/.

Lax, Eric, *The Mould În Dr Florey's Coat: The Remarkable True Story of the Penicillin Miracle,* Abacus, 2005.

Leckie, Jim, Gâl Masters, Harry Whitehouse şi Lily Young, *More Other Homes and Garbage: Designs for Self-sufficient Living (ATL 02–47),* Sierra Club Books, 1981.

Lengen, Johan van, *The Barefoot Architect: A Handbook for Green Building,* Shelter,

2008.

Lewis, M. J. T., „The Origins of the Wheelbarrow”,

Technology and Culture, 35 (3): 453–475. Ittly 1994.

Lincoln Electric Company, *The Procedure Handbook of Arc Welding (ATL 0*4–115), Lincoln Electric Company, 1973.

Lisboa, Maria Manuel, *The End of the World: Apocalypse and its Aftermath în Western Culture,* Openbook Publishers, 2011.

Löfström, Johan, „Zeer pot refrigerator", 2011, din http://www.appropedia.org/Zeer_pot_refrigerator.

Lovelock, James, „A Book for All Seasons", *Science,* 28o (5365): 832–833, 1998.

Macfarlane, Alan şi Gerry Martin, *The Glass Bathyscaphe: How Glass Changed the World,* Profile Books, 2002.

Macgregor, Neil, *A History of the World în 100 Objects,* Penguin, 2011.

Mackenzie, Debora, „Why the demise of civilisation may be inevitable", *New Scientist,* 2650, 2 April 2008.

Macleod, Christine, „Accident or Design? George Ravenscroft's Patent and the Invention of Lead-Crystal Glass", *Technology and Culture,* 28(4)776–803, 1987.

Madrigal, Alexis, *Powering the Dream: The History and Promise of Green Technology,* Da Capo Press, 2011.

Mann, Henry Thomas şi David Williamson, *Water Treatment and Sanitation: Simple Methods for Rural Areas (ATL 16–381*) (ediţie revizuită), Intermediate

Technology Publications, 1982.

Margaine, Sylvain, *Forbidden Places: Exploring our abandoned heritage,* Jonglez, 2009.

Martin, Dan, *Apocalypse: How to Survive a Global Crisis,* Ecko House Publishing, 2011.

Martin, Felix, *Money: The Unauthorised Biography*, The Bodley Head, 2013.

Martin, Sean, *The Black Death,* Chartwell Books, 2007.

Mason, Richard şi John Caiger, *A History of Japan* (ediţie revizuită), Tuttle Publishing, 1997.

Meclure, David Courtney, „Kilkerran Pyroligneous Acid Works 1845 to 1945", 2000, din http://www.ayrshirehistoryarg.uk/Acidworks/acidworks.htm.

Medermott, Matthew, „Techo-Leapfrogging At Its Best 2, 000 Indian Villages Skip Fossil Fuels, Get First Electricity From Solar", 2010, din http://www.treehugger.com/natural-sciences/techo-leapfrogging-at-its-best-2000-indian-villages-skip-fossil-fuels-get-first-electricity-from-solar.html.

Meguigan, Dermot, *Small Scale Wind Power,* Prism Press, 1978a.

— *Hamessing Water Power for Home Energy (ATL 22–507),* Garden Way Publishing Co., 1978b.

Mekee, Ralph H. Şi Carroll M. Salk, „Sulfuryl Chloride: Principles of Manufacture from Sulfur

Burner Gas", *Industrial and Engineering Chemistry,* 16(4):351–353, 1924.

Miller, Walter M., Jr., *A Canticle for Leibowitz,* Bantam Books, 2007. Prima ediţie în 1959.

Mokyr, Joel, *The Lever of Riches: Technological Creaţivity and Economic Progress,* Oxford University Press, 1990.

Moore, Andrew, *Detroit Disassembled,* Damiani, 2010.

Mortimer, Ian, *The Time Traveller's Guide to Medieval England,* The Bodley Head, 2008.

Murray-Mcintosh, Rosalind P, Brian J. Scrimshaw, Peter J. Hatfield şi David Penny, „Testing migration patterns and estimating founding population size în Polynesia by using human mtDNA sequences", *Proceedings of the Naţional Academy of Sciences,* 95(15): 9047–9052, 1998.

National Academy of Sciences, *Guayule: An Alternative Source of Natural Rubber (ATL 05–183),* 1977.

Nekola, Jeffrey C., Craig D. Allen, James H. Brown *et al.,* „The Malthusian Darwinian dynamic and the trajectory of civilization", *Trends în Ecology & Evolution,* 28(3): 127–130, 2013.

Office of Global Analysis, *Cuba's Food & Agriculture Situation Report,* Foreign Agricultural Service, United States Department of Agriculture, 2008.

Oleson, John Peter (ed.), *The Oxford Handbook of*

Engineering and Technology in the Classical World, Oxford University Press, 2008.

Osman, Jheni, 100 *Ideas That Changed the World,* BBC Books, 2011.

Pappas, Stephanie, „Is It Time to Overhaul the Calendar?", *Scientific American,* 29 December 2011.

Parker, Bev, „Early Transmitters and Receivers", 2006, din http: //www.historywebsite.co.uk/Museum/Engineering/Electronics/history/earlytxrx.htm.

Parkin, N. Şi C.R. Flood, *Welding Craft Practices: Part 1, Volume 1: Oxy-acetylene Gas Welding and Related Studies (ATL 04–126),* Pergamon Press, 1969.

Pearce, Fred, „Flushed with success: Human manure's fertile future", *New Scientist,* 2904, 21 February 2013.

Perkins, Dwight, *Rural Small Scale Industry in the People's Republic of China (ATL 03–75),* University of California Press, 1977.

Pollan, Michael, *Cooked: A Natural History of Transformation,* Penguin, 2013.

Pollard, Justin, *Boffinology: The Real Stories Behind Our Greatest Scientific Discoveries,* John Murray, 2010.

Pomerantz, Jay M., „Recycling Expensive Medication: Why Not?", *Medgenmed,* 6(2):4, 2004.

Porter, Roy, *Blood and Guts: A Short History of Mediane,*

Penguin, 2002.

Raford, Noah şi Jason Bradford, „Reality Report: Interview with Noah Raford”, 17 iulie 2009, din http://www.resilience.org/stories/2009–07–17/reality-report-interview-noah-raford.

Rawles, James Wesley, *How To Survive The End Of The World As We Know It Tactics, Techniques And Technologies For Uncertain Times,* Penguin, 2009.

Read, Leonard E., *I, Pencil: My Family Tree as told to Leonard E, Read,* The Foundation for Economic Education, 1958. Retipărit în 1999.

Reilly, Desmond, „Salts, Acids & Alkalis in the 19th Century: A Comparison between Advances în France, England & Germany”, *Isis,* 42(4):287–296, 1951.

RomanyWG, *Beauty în Decay: Urbex: The Art of Urban Exploration,* Carpetbombingculture, 2010.

Rooney, Anne, *The Story of Medicine: From Early Healing to the Miracles of Modern Mediane,* Arcturus, 2009.

Rose, Alexander, „Manual for Civilization”, 2010, din http://blog.longnow.org/o20io/o4/o6/manual-for-civilization/.

Rosen, Nick, *How to Live Off-grid: Journeys Outside the System,* Bantam Books, 2007.

Ross, Bill, „Building a Radio în a P.O.W. Camp”, 2005, din

http://www.bbc.co.uk/history/ww2peopleswar/stories/70/a4127870.shtml.

Rybezynski, Witold, *Paper Heroes: A Review of Appropriate Technology (ATL 01–11),* Anchor Press, 1980.

Sacco, Joe, *Safe Area Goražde: The War în Eastern Bosnia* 1992–95, Fantagraphics, 2000.

Schaefer, Bradley E., „The heliacal rise of Sirius and ancient Egyptian chronology", *Journal for the History of Astronomy,* 31(2):149–155, 2000.

Schlesinger, Henry, *The Battery: How portable power sparked a technological revoluţion,* Smithsonian Books, 2010.

Schrock, Richard, „MIT Technology Review: Nitrogen Fix", 2006, din http://www.technologyreview.com/notebook/405750/nitrogen-fix/.

Schwartz, Glenn M. Şi John J. Nichols (ed.), *After Collapse: The Regeneration of Complex Societies,* The University of Arizona Press, 2010.

Sella, Andrea, „Classic Kit – Kenneth Charles Devereux Hickman's Molecular Alembic", 2012, din http://s0larsaddle.w0rdpress.c0m/2012/01/06/classic-kit-kenneth-charles-devereux-hickmans-molecular-alembic/.

Seymour, John, *The New Complete Book of Self-sufficiency,* Dorling Kindersley,

2009.

Shapin, Steven, *The Scientific Revoluţion,* The University of Chicago Press, 1996.

Sherman, Irwin W., *The Power of Plagues,* ASM Press, 2006.

Shirky, Clay, *Cognitive Surplus: Creativity and Generosity în a Connected Age,* Penguin, 2010.

Shuval, Hillel I, Charles G. Gunnerson şi Deanne S. Julius, *Appropriate Technology for Water Suppiy and Sanitation: Night-soil Composting (ATL 17–389),* The World Bank, 1981.

Silverman, Steve, *Einstein's Refrigerator. And Other Stories from the Flip Side of History,* Andrews Memeel Publishing, 2001.

Smith, Gerald, „The Chemistry of Historically Important Black Inks, Paints and Dyes", *Chemistry Eduction în New Zealand,* 2009.

Sobei, Dava, *Longitude: The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time,* Fourth Estate, 1996.

Solar Energy Research Institute, *Fuel from Farms: A Guide to Small-scale Ethanol Production (ATL 19–417),* United States Department of Energy, 1980.

Solomon, Steven, *Water. The epic struggle for wealth, power and civilization,* Harper Perennial, 2011.

Solomon, Susan, Gian-Kasper Plattner *et al.,*

„Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions", *Proceedings of the Naţional Academy of Sciences,* 1o6(6): 1704–1709, 2009.

Spinney, Laura, „Return to paradise – If the people flee, what will happen to the seemingly indestructible?", *New Scientist,* 2039, 20 July 1996.

Standage, Tom, *An Edible History of Humanity,* Atlantic Books, 2010. Prima ediţie, 2009.

Stanford, Geoffrey, *Short Rotation Forestry: As a Solar Energy Transducer and Storage System (ATL 08–301),* Greenhills Foundation, 1976.

Starkey, Paul, *Harnessing and Implements for Animal Tractior: An Animal Traction Resource Book for Africa (ATL 06–294),* German Appropriate Technology Exchange (GATE) and Friedrich Vieweg & Sohn, 1985.

Stassen, Hubert E., *Small-Scale Biomass Gasifiers for Heat and Power A Global Review,* Energy Series, World Bank Technical Paper Number 296, 1995.

Stein, Matthew R., *When Technology Fails: A Manual for Self-Reliance, Sustainability and Surviving the Long Emergency,* Chelsea Green Publishing, 2008.

Stem, Nicholas, *The Stem Review on the Economics of Climate Change,* HM Treasury, 2006.

Stem, Peter, *Small Scale Irrigation (ATL* 05–*217),* Intermediate Technology Publications, 1979.

— (ed.) *Field Engineering (ATL 02–71),* Practical

Action, 1983.

Stoner, Carol Hupping, *Stocking Up: How to Preserve the Foods you Grow, Naturally (ATL 07–292),* Rodale Press, 1973.

Strauss, Neil, *Emergency: One Man's Story of a Dangerous World and How to Stay Alive în it,* Canongate Books, 2009.

Strawbridge, Dick şi James Strawbridge, *Practicai Self-Sufficiency: The Complete Guide to Sustainable Living,* Dolling Kindersley, 2010.

Sutton, Christine, „The impossibility of photography", *New Scientist,* 25 December 1986.

Tainter, Joseph A., *The Collapse of Complex Societies,* Cambridge University Press, 1988.

Thwaites, Thomas, *The Toaster Project: Or a Heroic Attempt to Build a Simple Electric Appliance from Scratch,* Princeton Architectural Press, 2011.

UNIFEM, *Cereai Processing (ATL 06–299),* United Naţions Development Fund for Women, 1988.

United States Army, *Survival (Field Manual 3–05. 70),* US Army Publishing Directorate, 2002.

Usher, Abbott Payson, *A History of Mechanical Inventi0ns* (ediţie revizuită), Dover Publications, 1982. Prima ediţie, 1929.

Vigneault, François, „Papermaking 101", *Craft,* 5 November 2007.

VITA, *Using Water Resources (ATL 12–327),* Volunteers în Technical Assistance, 1977.

Vogler, Jon, *Work from Waste: Recycling Wastes to Create Employment (ATL 33–804),* ITDG Publishing, 1981.

— *Small-Scale Recycling of Plastics (ATL 33–799),* Intermediate Technology Publications, 1984.

Vuuren, D. P. Van, M. Meinshausen *et al.,* „Temperature increase of 21st century mitigation scenarios", *Proceedings of the Naţional Academy of Sciences,* 105(40): pp. 15258–15262, 2008.

Ware, Mike, „On Proto-photography and the Shroud of Turin", *History of Photography,* 21(4): 261–269, 1997.

— „Luminescence and the Invention of Photography", *History of Photography: „A Vibration in The Phosphorous*", 26(1): pp. 4–15, 2002.

— „Alternative Photography", 2004, din http://www.mikeware.co.uk.

Watson, Simon şi Murray Thomson, *Feasibility Study: Generating Electricity from Traditional Windmills,* Loughborough University, 2005.

Weisman, Alan, *The World Without Us,* Virgin Books, 2008.

Wells, R.G, „Construction of Radio Equipment în a Japanese POW Camp", din http://www.zerobeat.net/qrp/powradio.html.

Werner, David, *Where There Is No Doctor A Village Healthcare Handbook,* Hesperian Health Guides, 2011.

Westh, H., J.O. Jarlov *et al.,* „The Disappearance of Multiresistant Staphylococcus aureus în Denmark: Changes în Strains of the 83A Complex between 1969 and 1989", *Clinical Infectious Diseases,* 14(6): pp. 1186–1194, 1992.

Weygers, Alexander G, *The Making of Tools (ATL 04–103),* Van Nostrand Reinhold Company, 1973.

— *The Modern Blacksmith (ATL 04–108),* Van Nostrand Reinhold Company, 1974.

Whitby, Garry, *Glassware Manufacture for Developing Countries (ATL 33–792),* Intermediate Technology Publications, 1983.

Wigginton, Eliot (ed.), *Foxfire 2: Ghost Stories, Spring Wild Plant Foods, Spinning and Weaving, Midwifing, Burial Customs, Corn Shuckin's, Wagon Making and More Affairs of Plain Living (ATL 02–33),* Anchor, 1973.

Winden, John van, *General Metal Work, Sheet Metal Work and Hand Pump Maintenance (ATL 04–134),* TOOL Foundation, 1990.

Wingate, Michael, *Small-scale Lime-burning: A practical introduction (ATL 23–673),* Practical Action, 1985.

Winston, Robert, *Bad Ideas? An arresting history of our inventions*, Bantam Books, 2010.

Wiseman, John „Lofty", *SAS Survival Handbook The*

ultimate guide to surviving anywhere (ediţie revizuită), Collins, 2009.

Wood. T.S., *Simple Assessment Techniques for Soil and Water (ATL 03–213),* CODEL, Environment and Development Program, 1981.

Yeo, Richard, *Encyclopaedic Visions: Scientific Dictionaries and Enlightenment Culture,* Cambridge University Press, 2001.

Zalasiewiez, Jan, *The Earth After Us What Legacy Will Humans Leave in the Rocks?,* Oxford University Press, 2008.

Timp de sute și mii de ani, lumea părea să fi rămas în aceeași matcă. „Nimic nou sub soare" a fost cuvântul de ordine al celor care identificau ziua de mâine cu cea de azi. Acum însă cunoașterea, tehnologia și societatea evoluează într-un ritm care ne somează să ne redefinim identitatea. Colecția „Pași peste granițe" aduce în atenția cititorilor perspectivele care se deschid în fața omului și societății într-un moment de răscruce.

Dacă societatea noastră tehnologică s-ar prăbuși mâine, supraviețuitorii unui astfel de cataclism vor trebui cel mai probabil să învețe din nou cum să supraviețuiască și cum să reclădească o nouă civilizație. Cartea lui Lewis Dartnell poate fi considerată un adevărat ghid de supraviețuire, pe care orice nouă societate postapocaliptică ar trebui să-l folosească. Astfel, prin descrierea fundamentelor tehnologiilor pe care le folosim astăzi, *Cunoașterea* ne arată, de exemplu, cum să construim un radio și cum să generăm electricitate, cum să producem medicamente și cum să extragem metale și, mai ales, cum să redescoperim lumea înconjurătoare învățând să ne orientăm după stele. Însă Dartnell nu ne oferă doar informații de bază în vederea reclădirii civilizației, ci descifrează și explică cea mai mare invenție a omului: *metoda științifică* – fabulosul mecanism ce ne permite să cunoaștem alcătuirea universului și a omului.

„O realizare extraordinară și o lectură grozavă chiar și în caz că civilizația nu se prăbușește. Dar, dacă se va prăbuși, această carte va deveni textul sacru al noii lumi, iar Dartnell va fi primul ei mare profet." —*The Times*

„Un imn închinat ingeniozității umane... O lectură fundamentală." —*New Statesman*

„Documentată impecabil și minunat scrisă, *Cunoașterea* mă face să fiu mândru de tot ce am realizat noi, oamenii, și să mă îngrozesc cât de multe avem de pierdut. Trebuie să citiți această carte." —Stephen Baxter